

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»  
Кафедра дошкольного и начального образования

**И.А. Шарапова, И.Н. Гладкая**

# **ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ**

*Курс лекций*

*Витебск  
ВГУ имени П.М. Машерова  
2017*

УДК 5(075.8)  
ББК 20я73  
Ш25

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 1 от 19.10.2017 г.

Авторы: декан педагогического факультета ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат педагогических наук, доцент **И.А. Шарапова**; преподаватель кафедры дошкольного и начального образования ВГУ имени П.М. Машерова **И.Н. Гладкая**

Рецензент:  
заведующий кафедрой ботаники ВГУ имени П.М. Машерова,  
кандидат биологических наук, доцент *Л.М. Мерзвинский*

**Шарапова, И.А.**  
**Ш25** Естествознание : курс лекций / И.А. Шарапова, И.Н. Гладкая. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2017. – 222 с.

Содержание курса лекций «Естествознание» для специальности 1-01 02 01 «Начальное образование» базируется на основных достижениях естественных наук.

Учебное издание позволяет сформировать у студентов основополагающие представления о природе как о целостной, разноуровневой системе взаимосвязанных компонентов, ввести в область самостоятельных поисков и творческого освоения изучаемой дисциплины.

УДК 5(075.8)  
ББК 20я73

© Шарапова И.А., Гладкая И.Н., 2017  
© ВГУ имени П.М. Машерова, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                          | 7  |
| Тема 1. Биология – наука о живой природе. ....                                         | 9  |
| 1. Биология как совокупность наук о живой природе.....                                 | 9  |
| 2. Исторический очерк.....                                                             | 10 |
| 3. Уровни организации живой природы. ....                                              | 12 |
| Тема 2. Клеточное строение.....                                                        | 16 |
| 1. Клеточная теория. ....                                                              | 16 |
| 2. Особенности строения клеток прокариот и эукариот. ....                              | 17 |
| 3. Жизненный цикл клетки.....                                                          | 24 |
| Тема 3. Размножение и развитие живых организмов. Наследственность и изменчивость. .... | 26 |
| 1. Типы размножения.....                                                               | 26 |
| 2. Гаметогенез.....                                                                    | 29 |
| 3. Методы генетики как науки. ....                                                     | 31 |
| 4. Законы Г. Менделя.....                                                              | 32 |
| 5. Формы изменчивости. ....                                                            | 33 |
| Тема 4. Классификация живых организмов. Бактерии. Вирусы. ....                         | 37 |
| 1. Классификация живых организмов.....                                                 | 37 |
| 2. Вирусы.....                                                                         | 38 |
| 3. Бактерии. ....                                                                      | 40 |
| Тема 5. Грибы. Водоросли. Лишайники. ....                                              | 42 |
| 1. Общая характеристика Царства Грибы. ....                                            | 42 |
| 2. Общая характеристика водорослей.....                                                | 44 |
| 3. Особенности строения и жизнедеятельности лишайников. ....                           | 47 |
| Тема 6. Высшие растения. ....                                                          | 49 |
| 1. Значение растений в природе и жизни человека. ....                                  | 49 |
| 2. Строение и функции корня. ....                                                      | 50 |
| 3. Строение и функции стебля. ....                                                     | 52 |
| 4. Строение и функции листьев. ....                                                    | 53 |
| Тема 7. Голосеменные . ....                                                            | 58 |
| 1. Общая характеристика.....                                                           | 58 |
| 2. Жизненный цикл. ....                                                                | 60 |
| 3. Значение голосеменных. ....                                                         | 61 |
| Тема 8. Покрытосеменные. ....                                                          | 63 |
| 1. Цветок: его строение и функции. ....                                                | 63 |
| 2. Опыление цветковых растений.....                                                    | 65 |
| 3. Особенности двойного оплодотворения у цветковых растений. ....                      | 66 |
| 4. Разнообразие и функции плодов. ....                                                 | 67 |
| 5. Сравнительная характеристика класса Однодольные и Двудольные растения.....          | 69 |
| 6. Основные таксономические единицы растительного мира.....                            | 70 |
| Тема 9. Царство животные. ....                                                         | 72 |

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Мир животных. Его значение в природе и жизни человека. ....       | 72  |
| 2. Основные систематические группы животных. ....                    | 73  |
| Тема 10. Простейшие. ....                                            | 74  |
| 1. Характеристика простейших. ....                                   | 74  |
| 2. Основные представители. Значение в природе и жизни человека. .... | 74  |
| Тема 11. Кишечнополостные. ....                                      | 76  |
| 1. Общая характеристика типа Кишечнополостные. ....                  | 76  |
| 2. Общая характеристика. ....                                        | 76  |
| Тема 12. Черви. ....                                                 | 78  |
| 1. Характеристика типа Плоские черви. ....                           | 78  |
| 2. Характеристика типа Кольчатые черви. ....                         | 79  |
| 3. Характеристика типа Круглые черви. ....                           | 80  |
| Тема 13. Моллюски. ....                                              | 82  |
| 1. Характеристика и разнообразие классов Моллюски. ....              | 82  |
| Тема 14. Членистоногие. ....                                         | 84  |
| 1. Общая характеристика типа Членистоногие. ....                     | 84  |
| 2. Характеристика класса Ракообразные. ....                          | 86  |
| 3. Характеристика класса Паукообразные. ....                         | 86  |
| 4. Характеристика класса Насекомые. ....                             | 86  |
| Тема 15. Тип Хордовые. ....                                          | 90  |
| 1. Общая характеристика Типа Хордовых. ....                          | 90  |
| 2. Общая характеристика надкласса Рыбы. ....                         | 90  |
| 3. Общая характеристика класса Земноводные. ....                     | 93  |
| Тема 16. Класс Пресмыкающиеся. ....                                  | 95  |
| 1. Общая характеристика класса Пресмыкающихся. ....                  | 95  |
| Тема 17. Класс Птицы. ....                                           | 97  |
| 1. Общая характеристика класса Птиц. ....                            | 97  |
| Тема 18. Класс Млекопитающие. ....                                   | 99  |
| 1. Общая характеристика класса Млекопитающие. ....                   | 99  |
| 2. Разнообразие Млекопитающих. ....                                  | 100 |
| Тема 19. Географическая оболочка. Галактика. ....                    | 103 |
| 1. Понятие «географическая оболочка». ....                           | 103 |
| 2. Закономерности развития географической оболочки. ....             | 104 |
| 3. Вселенная. Строение Солнечной системы. ....                       | 105 |
| 4. Система Земля-Луна. ....                                          | 107 |
| Тема 20. Форма и размеры Земли. ....                                 | 109 |
| 1. Форма Земли. ....                                                 | 109 |
| 2. Масса и размеры Земли и их географические следствия. ....         | 110 |
| Тема 21. Движение Земли. ....                                        | 112 |
| 1. Вращение Земли вокруг оси, его географическое следствие. ....     | 112 |
| 2. Время. ....                                                       | 113 |
| 3. Движение Земли вокруг Солнца, его географические следствия. ....  | 114 |
| 4. Пояса освещения. ....                                             | 116 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Тема 22. План и карта. ....                                                         | 118 |
| 1. Горизонт. Линия горизонта. Ориентирование. ....                                  | 118 |
| 2. Глобус и градусная сеть. Географические координаты. ....                         | 120 |
| 3. Масштаб. ....                                                                    | 121 |
| 4. Географическая карта и план местности. ....                                      | 122 |
| Тема 23. Внутреннее строение и состав Земли. ....                                   | 125 |
| 1. Внутреннее строение Земли. ....                                                  | 125 |
| 2. Возраст Земли. ....                                                              | 126 |
| 3. Состав и строение литосферы. ....                                                | 128 |
| 4. Концепции развития литосферы. ....                                               | 129 |
| 5. Общие сведения о рельефе. ....                                                   | 130 |
| Тема 24. Эндогенные процессы. Формы рельефа, созданные эндогенными процессами. .... | 132 |
| 1. Эндогенные процессы, их проявления в рельефе. Тектонические движения. ....       | 132 |
| 2. Вулканизм. ....                                                                  | 134 |
| 3. Землетрясения. ....                                                              | 136 |
| Тема 25. Экзогенные процессы. Формы рельефа, созданные экзогенными процессами. .... | 138 |
| 1. Общая характеристика экзогенных процессов. Выветривание и денудация. ....        | 138 |
| 2. Работа ветра. ....                                                               | 139 |
| 3. Работа поверхностных текучих вод. ....                                           | 141 |
| Тема 26. Главные формы рельефа. ....                                                | 144 |
| 1. Рельеф океанического дна. ....                                                   | 144 |
| 2. Горы. ....                                                                       | 145 |
| 3. Равнины. ....                                                                    | 147 |
| Тема 27. Атмосфера, ее состав и строение. ....                                      | 149 |
| 1. Происхождение, состав атмосферы. ....                                            | 149 |
| 2. Строение атмосферы. ....                                                         | 151 |
| 3. Значение атмосферы. ....                                                         | 153 |
| Тема 28. Тепловой режим атмосферы. Атмосферное давление. Вода в атмосфере. ....     | 154 |
| 1. Радиационный режим атмосферы. ....                                               | 154 |
| 2. Тепловой режим атмосферы. ....                                                   | 156 |
| 3. Атмосферное давление. ....                                                       | 158 |
| 4. Ветер. ....                                                                      | 161 |
| 5. Вода в атмосфере. ....                                                           | 166 |
| Тема 29. Погода и климат. ....                                                      | 171 |
| 1. Погода. ....                                                                     | 171 |
| 2. Климат. ....                                                                     | 172 |
| 3. Характеристика климатических поясов. ....                                        | 173 |
| 4. Изменение климата. ....                                                          | 176 |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| Тема 30. Гидросфера .....                                     | 179 |
| 1. Общие сведения о гидросфере. ....                          | 179 |
| 2. Свойства воды. ....                                        | 180 |
| 3. Круговорот воды. ....                                      | 182 |
| 4. Мировой океан, его части. ....                             | 183 |
| 5. Динамика вод в океане. ....                                | 185 |
| Тема 31. Воды суши .....                                      | 188 |
| 1. Подземные воды. ....                                       | 188 |
| 2. Реки.....                                                  | 189 |
| 3. Озера.....                                                 | 191 |
| 4. Болота.....                                                | 193 |
| 5. Ледники.....                                               | 195 |
| Тема 32. Почвенный покров.....                                | 197 |
| 1. Почва. Состав и свойства почвы. ....                       | 197 |
| 2. Строение почвы.....                                        | 199 |
| 3. Типы почв Беларуси. ....                                   | 200 |
| 4. Охрана и рациональное использование земель. ....           | 201 |
| Тема 33. Биосфера Земли.....                                  | 203 |
| 1. Биосфера и ее границы. ....                                | 203 |
| 2. Понятие о биогеоценозе Земли. Структура биогеоценоза. .... | 204 |
| 3. Круговорот веществ и энергии в природе.....                | 205 |
| 4. Понятие о ноосфере.....                                    | 207 |
| 5. Проблемы охраны биосферы.....                              | 207 |
| Тема 34. Краеведение.....                                     | 209 |
| 1. Географическое положение Республики Беларусь. ....         | 209 |
| 2. Рельеф Беларуси.....                                       | 210 |
| 3. Полезные ископаемые.....                                   | 211 |
| 4. Климат.....                                                | 215 |
| 5. Поверхностные воды.....                                    | 217 |
| ЛИТЕРАТУРА .....                                              | 220 |

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях инновационных преобразований образовательной сферы меняется стратегия подготовки специалистов, получающих высшее педагогическое образование, в том числе и будущих учителей начальных классов. В настоящее время важнейшей задачей современного ВУЗа является повышение требований к уровню профессиональной подготовки педагогов. При этом важно усилить мировоззренческую направленность обучения, обратить особое внимание на выработку у студентов методологически правильного подхода к оценке процессов, происходящих в системе «природа–общество».

В связи с этим особую актуальность приобретает изучение будущими учителями начальных классов дисциплины «Естествознание». Содержание данного курса направлено на формирование у студентов естественнонаучной грамотности, на знакомство с основополагающими концепциями различных естественных наук. Учебная дисциплина дает представление об основных явлениях и законах природы и тех научных открытиях, которые послужили началом революционных изменений в технологиях, мировоззрении или общественном сознании и предусматривает решение следующих задач:

- изучить многообразие форм живого и установить общие и частные закономерности, присущие жизни во всех ее проявлениях и свойствах;
- овладеть знаниями о строении и функционировании организмов на молекулярном, клеточном, организменном, популяционно-видовом и биосферном уровнях организации живой природы;
- ознакомиться с современными методами биологических исследований и основными достижениями биохимии, цитологии, генетики, биологии развития, ботаники и зоологии, экологии и эволюционного учения;
- сформировать представление о тесной взаимосвязи всех живых организмов и последствиях антропогенного воздействия на природу;
- расширить кругозор студентов в ходе знакомства с разнообразием флоры и фауны планеты;
- воспитать экологическую культуру и понимание важности сохранения жизни на планете, стоящей на пороге глобальных экологических катастроф;
- подготовить студентов к дальнейшему преподаванию курса «Человек и мир»;
- сформировать у студентов умения краеведческого описания, как отдельных компонентов природы, так и комплексного краеведческого описания конкретной местности;
- освоить определенные сведения о развитии школьного краеведения в республике, современной организационной структуре краеведческой ра-

боты в школе, основных формах и методах школьной и внешкольной краеведческой работы учащихся начальных классов;

- сформировать у студентов умения учитывать региональные особенности при организации работы в школе.

Учебный материал, содержащийся в данном курсе лекций, изложен на основе типовой учебной программы для специалистов 1-01 02 01 Начальное образование по дисциплине «Естествознание» для высших учебных заведений, утвержденной Министерством образования Республики Беларусь. Каждая изучаемая тема включает предлагаемые вопросы для самоконтроля, обязательное для выполнения всеми студентами, что обеспечивает формирование знаний, умений, понимание и овладения изучаемым материалом.

Данный курс лекций позволяет на основе биологических знаний развить мировоззренческие и социокультурные компетенции для решения профессиональных задач, исполнение социальных, гражданских и личностных функций в современном обществе.

## ТЕМА 1

### БИОЛОГИЯ – НАУКА О ЖИВОЙ ПРИРОДЕ

1. Биология как совокупность наук о живой природе.
2. Исторический очерк.
3. Уровни организации живой природы.

#### 1. Биология как совокупность наук о живой природе

Биология – система наук, объектами изучения которой являются живые существа и их взаимодействие с окружающей средой. Название ее образовано путем сочетания двух греческих слов: «биос» – жизнь и «логос» – слово, учение. Термин «биология» предложен в 1802 г. Ж.Б. Ламарком и Г.Р. Тревиранусом независимо друг от друга.

Предмет биологии – все проявления жизни: строение и функции живых существ и их природных сообществ, распространение, происхождение и развитие, связи друг с другом и с неживой природой.

Задачи биологии – изучение закономерностей этих проявлений, раскрытие сущности жизни, систематизация живых существ.

Одними из первых в биологии сложились комплексные науки по объектам исследования: о животных – зоология, растениях – ботаника; анатомия и физиология человека – основа медицины. В пределах зоологии сформировались более узкие дисциплины, например, протозоология, энтомология, орнитология, териология и др.; в ботанике – альгология, бриология, дендрология и т.д. В самостоятельные науки выделились микробиология, микология, лишенология, вирусология. Многообразие организмов и распределение их по группам изучают систематика животных и систематика растений. Изучением прошлой истории органического мира занимается палеонтология и ее разделы – палеозоология, палеоботаника, палеоэкология и др.

Другой аспект классификации биологических дисциплин – по исследуемым свойствам и проявлениям (механизмам) живого. Форму и строение организмов изучают морфологические дисциплины – цитология, гистология, анатомия; состав и ультраструктуру тканей и клеток – биохимия, биофизика, молекулярная биология; образ жизни животных и растений и их взаимоотношения с условиями среды обитания – экология и более специально – гидробиология, биогеография, биогеоценология и т. д.; функции живых существ изучают физиология животных и физиология растений; закономерности поведения животных – этология; закономерности наследственности и изменчивости – предмет исследований генетики; закономерности индивидуального развития изучает эмбриология или в более широком современном понимании – биология развития; историческое развитие – эволюционное учение. Широкое проникновение математики в разделы биологии вызвало к жизни математическую биологию, биометрию.

В целом для биологии характерно взаимопроникновение идей и методов различных биологических дисциплин, а также др. наук – химии, фи-

зики, математики. В XX в. возникли новые биологические дисциплины и направления на границах смежных наук, а также в связи с практическими потребностями (радиобиология, космическая биология, физиология труда, социобиология и др.).

Практическое применение достижений современной биологии позволяет получать промышленным путем нужные человеку биологически активные вещества (антибиотики, гормон поджелудочной железы инсулин, применяемый для лечения сахарного диабета, интерферон, обладающий противовирусной активностью, и многое другое). Еще больших результатов можно ожидать в будущем. Использование законов наследственности и изменчивости лежит в основе создания новых высокопродуктивных пород домашних животных и сортов культурных растений. Ученые разных стран вывели сотни сортов зерновых, бобовых, масличных и других культур, отличающихся от своих предшественников более высокой продуктивностью, устойчивостью к вредителям и другими полезными качествами. На основе этих знаний проводится селекция микроорганизмов, продуцирующих антибиотики. Учеными получены штаммы микроорганизмов, дающие выход медицинских препаратов в сотни раз больший, чем исходные формы.

## **2. Исторический очерк**

Самые первые сведения о живых существах человек стал собирать, вероятно, с тех пор, когда он осознал свое отличие от окружающего мира. Уже в литературных памятниках египтян, вавилонян, индийцев и других народов содержатся сведения о строении многих растений и животных, о применении этих знаний в медицине и сельском хозяйстве. Так, Гиппократ (460-370 гг. до н. э.) дал первое относительно подробное описание строения человека и животных, указал на роль среды и наследственности в возникновении болезней. Аристотелю были известны основные признаки млекопитающих. Он дал описание наружных и внутренних органов человека, половых различий у животных, их способов размножения и образа жизни, происхождения пола, наследования отдельных признаков, уродств, многоплодия и т. д. Аристотеля считают основоположником зоологии. Теофраст (372-287 гг. до н. э.) оставил сведения о строении и размножении многих растений, о различиях между однодольными и двудольными растениями, ввел в употребление термины «плод», «околоплодник», «сердцевина». Его считают основоположником ботаники. Плиний Старший (23-79 гг. до н. э.) – автор «Естественной истории» в 37 книгах, в которой содержались также и сведения о животных и растениях. Клавдий Гален (130-200) широко проводил вскрытия млекопитающих (крупный и мелкий рогатый скот, свиньи, собаки, медведи и др.), первым дал сравнительно-анатомическое описание человека и обезьяны. Он был последним великим биологом древности, оказавшим исключительно большое влияние на анатомию и физиологию.

В Средние века господствующей идеологией была религия. По общему выражению классика, наука в те времена превратилась в «служанку богословия». Биологические знания, основанные на описаниях Аристотеля, Плиния, Галена, были отражены в основном в энциклопедии Альберта Великого (1206–1280). На Руси сведения о животных и растениях были обобщены в «Поучении Владимира Мономаха» (XI в.). Выдающийся ученый и мыслитель Средних веков Абу-Али Ибн Сина (980-1037), известный в Европе под именем Авиценны, развивал взгляды о вечности и несотворенности мира, признавал причинные закономерности в природе.

Начала биологии, как и всего естествознания, связаны с эпохой Возрождения (Ренессанса). В этот период широко распространяются и комментируются сочинения античных философов и натуралистов (первыми ботаническими трудами были комментарии к сочинениям Теофраста, Плиния Старшего и др.). Леонардо да Винчи (1452-1519) открыл гомологию органов, описал многие растения, птиц в полете, щитовидную железу, способ соединения костей суставов, деятельность сердца и зрительной функции глаза, отметил сходство костей человека и животных. Андреас Везалий (1514-1564) создал анатомический труд «Семь книг о строении человеческого тела», заложивший основы научной анатомии. В. Гарвей (1578-1657) открыл кровообращение, а Д. Борели (1608-1679) описал механизм движения животных, что заложило научные основы физиологии. С того времени анатомия и физиология развивались вместе в течение многих десятков лет.

Ряд ученых-микроскопистов открывает тонкое строение растений (Р. Гук, 1665; М. Мальпиги, 1675–1679; Н. Грю, 1671–1682) и их половые различия (Р. Камерариус, 1694, и др.), мир микроскопических существ, эритроциты и сперматозоиды (А. Левенгук, 1673 и др.), изучает строение и развитие насекомых (Мальпиги, 1669; Я. Сваммердам, 1669 и др.).

С XVI в. стала быстрее развиваться зоология. Большое влияние на нее в последующем оказала система классификации животных, созданная К. Линнеем (1707-1778). Введя четырехчленные таксономические подразделения (класс – отряд – род – вид), К. Линней разделил животных на шесть классов (млекопитающие, птицы, амфибии, рыбы, насекомые, черви). Значительное влияние на биологию того времени оказал немецкий ученый Г. Лейбниц (1646-1716), который разработал учение о «лестнице существ».

В XVIII – XIX вв. закладываются научные основы эмбриологии – К.Ф. Вольф (1734-1794), К.М. Бэр (1792-1876). В 1839 г. Т. Шванн и М. Шлейден формулируют клеточную теорию.

В 1859 г. Ч. Дарвин (1809-1882) публикует «Происхождение видов». В этом труде была сформулирована теория эволюции.

В первой половине XIX в. возникает бактериология, которая благодаря трудам Л. Пастера, Р. Коха, Д. Листера и И.И. Мечникова, в последующем перерастает в микробиологию как самостоятельную науку. К концу XIX в. в качестве самостоятельных наук оформляются паразитология и экология.

В 1865 г. опубликована работа Г. Менделя (1822-1884) «Опыт над растительными гибридами», в которой обосновывалось существование генов и сформулированы закономерности, в настоящее время известные как законы наследственности. После повторного открытия законов в XX в. оформляется в качестве самостоятельной науки генетика.

Еще в первой половине XIX в. возникли идеи об использовании физики и химии для изучения явлений жизни (Г. Деви, Ю. Либих). Реализация этих идей привела к тому, что в середине XIX в. физиология обособилась от анатомии, причем физико-химическое направление заняло в ней ведущее место. На рубеже XIX – XX вв. сформировалась современная биологическая химия. В первой половине XX в. оформляется в качестве самостоятельной науки биологическая физика.

Важнейшим рубежом в развитии биологии в XX в. стали 40–50-е гг., когда в биологию хлынули идеи и методы физики и химии, а в качестве объектов стали использовать микроорганизмы. В 1944 г. была открыта генетическая роль ДНК, в 1953 г. выяснена ее структура, а в 1961 г. был расшифрован генетический код. С открытием генетической роли ДНК и механизмов синтеза белков из генетики и биохимии произошло вычленение молекулярной биологии и молекулярной генетики, которые часто называют физико-химической биологией, основным предметом изучения которых стали структура и функция нуклеиновых кислот (генов) и белков. Возникновение этих наук означало гигантский шаг в изучении явлений жизни на молекулярном уровне организации живой материи.

Крупнейшим достижением биологии является создание В.И. Вернадским биогеохимии и учения о биосфере (1926), В.Н. Сукачевым – биогеоценологии (1942), А. Тенсли – учения об экосистемах (1935), на основе которых научно разрабатывается стратегия взаимоотношений человечества с природой. Труды В. Шелфорда (1912, 1939), Ч. Элтона (1934) и многими другими разработаны основы экологии как науки о взаимосвязи между организмами и окружающей средой. С сер. XX в. успехи экологии, а также становящиеся все более серьезными проблемы охраны природы привели к «экологизации» многих биологических наук, способствовали утверждению современного системного подхода к развитию популяционной биологии.

В 1970-е гг. появляются первые работы по генетической инженерии, которая подняла на новый уровень биотехнологию и открыла новые перспективы перед медициной.

### **3. Уровни организации живой природы**

Живые организмы на Земле организованы в определенные развивающиеся группы. Такие группы, начиная с отдельных индивидов, составляют уровни организации живого, или структурные уровни. В организации живого в основном различают молекулярный, клеточный, тканевой, органнй, организменный, популяционно-видовой, биоценотический, биосферный уровни.

**Молекулярный уровень.** Этот уровень является низким в организации живого и представлен молекулами нуклеиновых кислот, белков, углеводов, липидов и стероидов, находящихся в клетках и, получивших название биологических молекул.

На этом уровне начинаются и осуществляются важнейшие процессы жизнедеятельности (кодирование и передача наследственной информации, дыхание, обмен веществ и энергии, изменчивость и др.). На молекулярном уровне осуществляется фиксация лучистой энергии и превращение этой энергии в химическую, запасаемую в клетках в углеводах и других химических соединениях, а химической энергии углеводов и других молекул – в биологически доступную энергию.

На этом уровне происходит превращение энергии макроэргических фосфатных связей в работу – механическую, электрическую, химическую, осмотическую. Объединяясь, макромолекулы разных типов образуют надмолекулярные структуры, примерами которых являются нуклеопротеиды, представляющие собой комплексы нуклеиновых кислот и белков, липопротеиды (комплексы липидов и белков), рибосомы (комплексы нуклеиновых кислот и белков). Таким образом, биологические молекулы обеспечивают также преемственность между молекулярным и следующим за ним уровнем (клеточным), являясь материалом, из которого образуются клетки. На молекулярном уровне существует все многообразие вирусов.

**Клеточный уровень.** Этот уровень организации живого представлен клетками, действующими в качестве самостоятельных организмов (бактерии, простейшие и др.), а также клетками многоклеточных организмов. Будучи способными к жизни, росту и размножению, клетки являются основной формой организации живой материи, элементарными единицами, из которых построены все живые существа (прокариоты и эукариоты). Надмолекулярные структуры на этом уровне формируют мембранные системы и органеллы клеток (ядра, митохондрии и др.).

Специфичность клеточного уровня определяется специализацией клеток, существованием клеток в качестве специализированных единиц многоклеточного организма. На клеточном уровне происходит разграничение и упорядочивание процессов жизнедеятельности в пространстве и во времени, что связано с приуроченностью функций к разным субклеточным структурам.

На основе различий в строении клеток в органическом мире выделяют прокариоты (царство бактерий) и эукариоты (царство грибы, царство растения, царство животные).

**Тканевой уровень.** Данный уровень представлен тканями, объединяющими клетки определенного строения, размеров, расположения и сходных функций. Ткани возникли в ходе исторического развития вместе с многоклеточностью. У многоклеточных организмов они образуются в процессе онтогенеза как следствие дифференциации клеток. У животных

различают несколько типов тканей (эпителиальная, соединительная, мышечная, кровь, нервная и репродуктивная). У растений различают меристематическую, защитную, основную и проводящую ткани. На этом уровне происходит специализация клеток.

**Органный уровень.** Представлен органами организмов. У растений и животных органы формируются за счет разного количества тканей. У простейших пищеварение, дыхание, циркуляция веществ, выделение, передвижение и размножение осуществляются за счет различных оргanelл. У более совершенных организмов имеются системы органов.

**Организменный уровень.** Этот уровень представлен самими организмами – одноклеточными и многоклеточными растительной и животной природы. Организмы уникальны в природе, потому что уникален их генетический материал, детерминирующий развитие, функции и взаимоотношение их с окружающей средой.

Живой организм – целостная биологическая система, состоящая из взаимозависимых соподчиненных элементов, взаимоотношения и особенности строения которых определены их функционированием как целого.

**Популяционно-видовой уровень.** Этот уровень определяется видами растений, животных и микроорганизмов, существующими в природе в качестве живых звеньев.

Видом считается совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенную область – ареал.

Популяция – элементарная единица вида и эволюции. Популяционный состав видов чрезвычайно разнообразен. В составе одного вида может быть от одной до многих тысяч популяций, представители которых характеризуются самым различным местообитанием, занимают разные экологические ниши и характеризуются определенным генофондом. В популяции начинаются элементарные эволюционные преобразования, выработка адаптивных форм.

**Биоценотический (экосистемный) уровень.** Представлен биоценозами - сообществами организмов разной видовой принадлежности. В таких сообществах организмы разных видов в той или иной мере зависят один от другого. В ходе исторического развития сложились биогеоценозы (экосистемы), которые представляют собой системы, состоящие из взаимозависящих сообществ организмов и абиотических факторов среды. Экосистемам присуще подвижное равновесие между организмами и абиотическими факторами. На том уровне осуществляются вещественно-энергетические круговороты, связанные с жизнедеятельностью организмов.

**Биосферный уровень.** Этот уровень является высшей формой организации живого (живых систем). Он представлен биосферой,

в которой осуществляется объединение всех вещественно-энергетических круговоротов в глобальный круговорот веществ и энергии.

Между разными уровнями организации живого существует диалектическое единство. Живое организовано по типу системной организации, основу которой составляет иерархичность систем. Переход от одного уровня к другому связан с сохранением функциональных механизмов, действующих на предшествующих уровнях, и сопровождается появлением структуры и функций новых типов, а также взаимодействия, характеризующегося новыми особенностями.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Назовите предмет, объект изучения
2. Почему биология – комплексная наука?
3. Выделите периоды в развитии биологических наук.
4. Дайте характеристику структурно-функциональным уровням организации живой природы.

## ТЕМА 2

### КЛЕТОЧНОЕ СТРОЕНИЕ

1. Клеточная теория.
2. Особенности строения клеток прокариот и эукариот.
3. Жизненный цикл клетки.

#### 1. Клеточная теория

Цитология – наука о клетке. Современная цитология изучает строение клеток, их функционирование как элементарных живых систем; исследует функции отдельных клеточных компонентов, процессы воспроизведения клеток, их приспособления к условиям среды и многие другие процессы, позволяющие судить об общих для всех клеток свойствах и функциях.

Основу современной биологии составляет клеточная теория, создание которой стало возможным после изобретения в 1590 г. микроскопа. Родоначальником ее считается Роберт Гук, который в 1665 г., используя микроскоп собственной конструкции, описал строение пробки и обнаружил, что оно сходно со строением других растительных тканей. Он впервые использовал термин «клетка» для описания ячеистой структуры ткани.

В 70-х годах XVII в. итальянский натуралист Марчелло Мальпиги и английский исследователь Неемия Грю описали «мешочки», или «пузырьки», в различных органах многих растений. Примерно в это же время голландский исследователь Антони ван Левенгук обнаружил клетки в тканях животных, описал сперматозоиды и одноклеточные организмы – инфузории и бактерии. Однако прошло полтора века, прежде чем были сформулированы основные положения клеточной теории.

В 1826 году российский исследователь Карл Бэр (1792–1876) описал яйцеклетку животных и показал, что все многоклеточные организмы развиваются из единственной клетки – зиготы, т.е. клетка не только единица строения, но и единица развития всех живых организмов. В 1831 году Роберт Браун описал клеточное ядро.

В 1839 г. Теодор Шванн (немецкий физиолог и цитолог) опубликовал книгу «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений», в которой он обобщил имеющиеся знания о клетке, в том числе результаты исследований немецкого ботаника М.Я. Шлейдена о роли ядра в клетках растений. Таким образом, Т. Шванн и М. Шлейден сформулировали клеточную теорию. Основные ее положения тогда были следующие:

- 1) как растительные, так и животные организмы состоят из клеток;
- 2) клетки растительных и животных организмов развиваются аналогично и близки друг к другу по строению и функциональному назначению;
- 3) каждая клетка способна к самостоятельной жизнедеятельности.

В 1855 г., Рудольф Вирхов (немецкий ученый, основатель патологической анатомии) утверждал, что каждая клетка образуется из клетки путем деления. Это привело к осознанию того факта, что рост и развитие организмов связаны с делением клеток и их дальнейшей дифференцировкой с образованием тканей и органов. Дальнейшее развитие микроскопии и других методов исследования позволило более детально разработать эти положения. Стало ясно, что клетки растений и животных имеют общий план строения. Благодаря появлению в 30-х гг. XX столетия электронного микроскопа было изучено тонкое строение клеточных структур.

***Основные положения современной клеточной теории:***

1. Клетка как элементарная живая система, способная к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению, лежит в основе строения и развития всех живых организмов.
2. Клетки всех организмов построены по единому принципу, сходны (гомологичны) по химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ.
3. Размножение клеток происходит путем их деления, и каждая новая клетка образуется в результате деления материнской клетки.
4. В многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемым функциям и образуют ткани. Из тканей состоят органы и системы органов, которые тесно связаны между собой.

С развитием науки лишь одно положение клеточной теории оказалось не абсолютно верным – первое. Не все живые организмы имеют клеточную организацию. Это стало ясным с открытием вирусов – неклеточных форм жизни, не способных размножаться и проявлять другие признаки жизнедеятельности вне клетки; это паразиты на генетическом уровне.

**2. Особенности строения клеток прокариот и эукариот.**

Клетка представляет собой элементарную целостную систему, это наименьшая жизнеспособная единица живого. Организмы имеют клеточное строение. Исключением являются вирусы.

Все многочисленные функции клетки и происходящие в них биохимические превращения связаны с определенными структурами. Такие структуры получили название органоидов, или органелл, так как, подобно органам целого организма, выполняют специфические функции.

Прокариотические клетки – это наиболее примитивные, очень просто устроенные, сохраняющие черты глубокой древности организмы, у которых отсутствуют оформленное ядро, окруженное ядерной мембраной, и высокоспециализированные внутриклеточные органоиды (рис. 1).

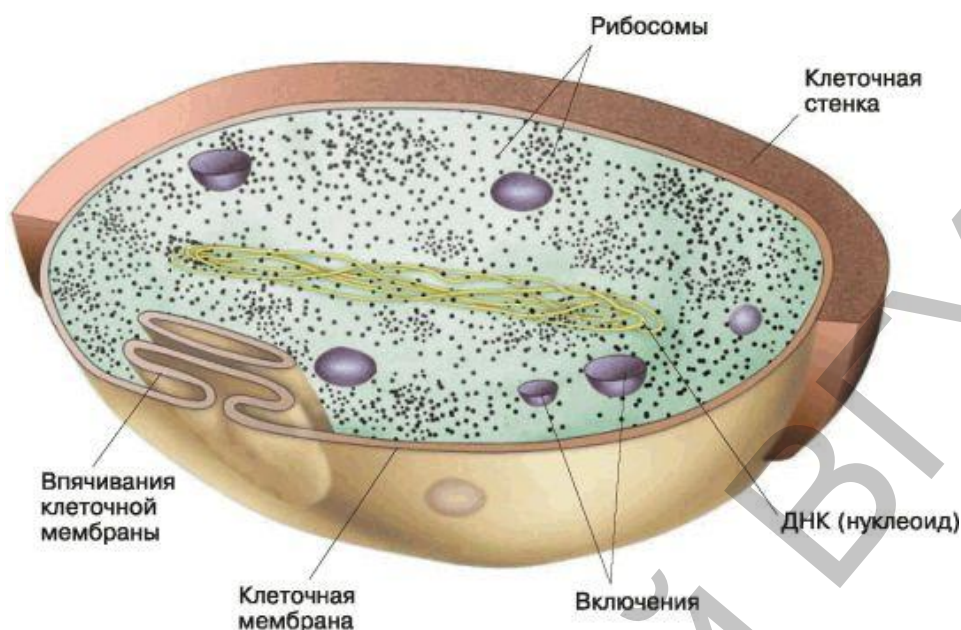


Рисунок 1 – Строение прокариотической клетки

К прокариотам относят бактерии и сине-зеленые водоросли (цианеи). Наследственный аппарат прокариот представлен одной кольцевой молекулой ДНК, не образующей связей с белками и содержащей по одной копии каждого гена – гаплоидные организмы. В цитоплазме имеется большое количество мелких рибосом; отсутствуют или слабо выражены внутренние мембраны. Ферменты пластического обмена расположены диффузно. Аппарат Гольджи представлен отдельными пузырьками. Ферментные системы энергетического обмена упорядоченно расположены на внутренней поверхности наружной цитоплазматической мембраны. Снаружи клетка окружена толстой клеточной стенкой. Многие прокариоты способны к спорообразованию в неблагоприятных условиях существования; при этом выделяется небольшой участок цитоплазмы содержащий ДНК, и окружается толстой многослойной капсулой. Процессы метаболизма внутри споры практически прекращаются. Попадая в благоприятные условия, спора преобразуется в активную клеточную форму. Размножение прокариот происходит простым делением надвое.

В прокариотических клетках, способных к фотосинтезу (сине-зеленые водоросли, зеленые и пурпурные бактерии) имеются различно структурированные крупные впячивания мембраны – тилакоиды, по своей функции соответствующие пластидам эукариот.

Эукариотические клетки – от простейших до клеток высших растений и млекопитающих – отличаются и сложностью, и разнообразием структуры (рис. 2).



Рисунок 2. – Строение эукариотической клетки  
(1 – животная клетка, 2 – растительная клетка)

Клетки всех типов содержат два основных компонента, тесно связанных между собой, – цитоплазму и ядро. Ядро отделено от цитоплазмы пористой мембраной и содержит ядерный сок, хроматин и ядрышко. Полужидкая цитоплазма заполняет всю клетку и пронизана многочисленными канальцами. Снаружи она покрыта цитоплазматической мембраной. В ней имеются специализированные структуры – *органойды*, присутствующие в клетке постоянно, и временные образования – *включения*. Мембранные органойды: наружная цитоплазматическая мембрана, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии и пластиды. В основе строения всех мембранных органойдов лежит биологическая мембрана. Все мембраны имеют принципиально единый план строения и состоят из двойного слоя фосфолипидов, в который с различных сторон на разную глубину погружены белковые молекулы. Мембраны органойдов отличаются друг от друга лишь наборами входящих в них белков.

**Цитоплазматическая мембрана.** У всех клеток растений, многоклеточных животных, у простейших и бактерий клеточная мембрана трехслойна: наружный и внутренний слои состоят из молекул белков, средний – из молекул липидов. Она ограничивает цитоплазму от внешней среды, окружает все органойды клетки и представляет собой универсальную биологическую структуру. В некоторых клетках наружная оболочка образована несколькими мембранами, плотно прилегающими друг к другу. В таких случаях клеточная оболочка становится плотной и упругой и позволяет сохранить форму клетки, как, например, у эвглены и инфузории туфельки. У большинства растительных клеток, помимо мембраны, снаружи имеется еще толстая целлюлозная оболочка – *клеточная стенка*. Она хорошо различима в обычном световом микроскопе и выполняет опорную функцию за счет жесткого наружного слоя, придающего клеткам четкую форму.

На поверхности клеток мембрана образует удлинённые выросты – микроворсинки, складки, впячивания и выпячивания, что во много раз увеличивает всасывающую или выделительную поверхность. С помощью мембранных выростов клетки соединяются друг с другом в тканях и органах многоклеточных организмов, на складках мембран располагаются разнообразные ферменты, участвующие в обмене веществ. Отграничивая клетку от окружающей среды, мембрана регулирует направление диффузии веществ и одновременно осуществляет активный перенос их внутрь клетки (накопление) или наружу (выделение). Проникновение в клетку относительно крупных твердых частиц осуществляется путем фагоцитоза. При этом наружная мембрана в месте контакта с частицей прогибается внутрь клетки, увлекая частицу вглубь цитоплазмы, где она подвергается ферментативному расщеплению. Аналогичным путем в клетку попадают и капли жидких веществ; их поглощение называется пиноцитозом.

**Цитоплазма** на 85% состоит из воды, на 10% – из белков, остальной объем приходится на долю липидов, углеводов, нуклеиновых кислот и минеральных соединений. Цитоплазма пронизана каналами различной формы и величины, которые получили название *эндоплазматической сети*. Их стенки представляют собой мембраны, тесно контактирующие со всеми органоидами клетки и составляющие вместе с ними единую функционально-структурную систему для осуществления обмена веществ и энергии и перемещения веществ внутри клетки.

В стенках канальцев располагаются мельчайшие зернышки – гранулы, называемые *рибосомами*. Такая сеть канальцев называется гранулярной. Рибосомы могут располагаться на поверхности канальцев разрозненно или образуют комплексы из пяти-семи и более рибосом, называемые *полисомами*. Другие канальцы гранул не содержат, они составляют гладкую эндоплазматическую сеть. На стенках располагаются ферменты, участвующие в синтезе жиров и углеводов.

Внутренняя полость канальцев заполнена продуктами жизнедеятельности клетки. Внутриклеточные канальцы, образуя сложную ветвящуюся систему, регулируют перемещение и концентрацию веществ, разделяют различные молекулы органических веществ и этапы их, синтеза. На внутренней и внешней поверхности мембран, богатых ферментами, осуществляется синтез белков, жиров и углеводов, которые либо используются в обмене веществ, либо накапливаются в цитоплазме в качестве включений, либо выводятся наружу.

**Рибосомы** встречаются во всех типах клеток – от бактерий до клеток многоклеточных организмов. Это округлые тельца, состоящие из рибонуклеиновой кислоты (РНК) и белков почти в равном соотношении. Рибосомы могут быть связаны с мембранами эндоплазматической сети, с наружной клеточной мембраной или свободно лежать в цитоплазме. В них осуществ-

ляется синтез белков. Рибосомы кроме цитоплазмы встречаются в ядре клетки. Они образуются в ядрышке и затем поступают в цитоплазму.

**Комплекс Гольджи** в растительных клетках имеет вид отдельных телец, окруженных мембранами. В животных клетках этот органоид представлен цистернами, канальцами и пузырьками. В мембранные трубки комплекса Гольджи из канальцев эндоплазматической сети поступают продукты секреции клетки, где они химически перестраиваются, уплотняются, а затем переходят в цитоплазму и либо используются самой клеткой, либо выводятся из нее. В цистернах комплекса Гольджи происходит синтез полисахаридов и их объединение с белками, в результате чего образуются гликопротеиды.

**Митохондрии** – небольшие тельца палочковидной формы, ограниченные двумя мембранами. От внутренней мембраны митохондрии отходят многочисленные складки – кристы, на их стенках располагаются разнообразные ферменты, с помощью которых осуществляется синтез высокоэнергетического вещества – аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). В зависимости от активности клетки и внешних воздействий митохондрии могут перемещаться, изменять свои размеры, форму. В митохондриях найдены рибосомы, фосфолипиды, РНК и ДНК. С присутствием ДНК в митохондриях связывают способность этих органоидов к размножению путем образования перетяжки или почкованием в период деления клетки, а также синтез части митохондриальных белков.

**Лизосомы** – мелкие овальные образования, ограниченные мембраной и рассеянные по всей цитоплазме. Встречаются во всех клетках животных и растений. Они возникают в расширениях эндоплазматической сети и в комплексе Гольджи, здесь заполняются гидролитическими ферментами, а затем обособляются и поступают в цитоплазму. В обычных условиях лизосомы переваривают частицы, попадающие в клетку путем фагоцитоза, и органоиды отмирающих клеток. Продукты лизиса выводятся через мембрану лизосомы в цитоплазму, где они включаются в состав новых молекул. При разрыве лизосомной мембраны ферменты поступают в цитоплазму и переваривают ее содержимое, вызывая гибель клетки.

**Пластиды** есть только в растительных клетках и встречаются, у большинства зеленых растений. В пластидах синтезируются и накапливаются органические вещества. Различают пластиды трех видов: хлоропласты, хромопласты и лейкопласты.

*Хлоропласты* – зеленые пластиды, содержащие зеленый пигмент хлорофилл. Они находятся в листьях, молодых стеблях, незрелых плодах. Хлоропласты окружены двойной мембраной. У высших растений внутренняя часть хлоропластов заполнена полужидким веществом, в котором параллельно друг другу уложены пластинки. Парные мембраны пластинок, сливаясь, образуют стопки, содержащие хлорофилл. В каждой стопке хлоропластов высших растений чередуются слои молекул белка и молекул

липидов, а между ними располагаются молекулы хлорофилла. Такая слоистая структура обеспечивает максимум свободных поверхностей и облегчает захват и перенос энергии в процессе фотосинтеза.

**Хромопласты** – пластиды, в которых содержатся растительные пигменты (красный или бурый, желтый, оранжевый). Они сосредоточены в цитоплазме клеток цветков, стеблей, плодов, листьев растений и придают им соответствующую окраску. Хромопласты образуются из лейкопластов или хлоропластов в результате накопления пигментов *каротиноидов*.

**Лейкопласты** – бесцветные пластиды, располагающиеся в неокрашенных частях растений: в стеблях, корнях, луковицах и др. В лейкопластах одних клеток накапливаются зерна крахмала, в лейкопластах других клеток – масла, белки.

**Клеточный центр** играет важную роль при делении, клетки и состоит из двух центриолей. Он встречается у всех клеток животных и растений, кроме цветковых, низших грибов и некоторых, простейших. Центриоли в делящихся клетках принимают участие в формировании веретена деления и располагаются на его полюсах. В делящейся клетке первым делится клеточный центр, одновременно образуется ахроматиновое веретено, ориентирующее хромосомы при расхождении их к полюсам. В дочерние клетки отходит по одной центриоле.

У многих растительных и животных клеток имеются **органоиды специального назначения**: *реснички*, выполняющие функцию движения (инфузории, клетки дыхательных путей), *жгутики* (простейшие одноклеточные, мужские половые клетки у животных и растений и др.).

**Включения** – временные элементы, возникающие в клетке на определенной стадии ее жизнедеятельности в результате синтетической функции. Они либо используются, либо выводятся из клетки. Включениями являются также запасные питательные вещества: в растительных клетках – крахмал, капельки жира, белки, эфирные масла, многие органические кислоты, соли органических и неорганических кислот; в животных клетках – гликоген (в клетках печени и мышцах), капли жира (в подкожной клетчатке). Некоторые включения накапливаются в клетках как отбросы – в виде кристаллов, пигментов и др.

**Вакуоли** – это полости, ограниченные мембраной; хорошо выражены в клетках растений и имеются у простейших. Возникают в разных участках расширений эндоплазматической сети. И постепенно отделяются от нее. Вакуоли поддерживают тургорное давление, в них сосредоточен клеточный или вакуолярный сок, молекулы которого определяют его осмотическую концентрацию. Считается, что первоначальные продукты синтеза – растворимые углеводы, белки, пектины и др. – накапливаются в цистернах эндоплазматической сети. Эти скопления и представляют собой зачатки будущих вакуолей.

**Цитоскелет.** Одной из отличительных особенностей эукариотической клетки является развитие в ее цитоплазме скелетных образований в виде микротрубочек и пучков белковых волокон. Элементы цитоскелета тесно связаны с наружной цитоплазматической мембраной и ядерной оболочкой, образуют сложные переплетения в цитоплазме. Опорные элементы цитоплазмы определяют форму клетки, обеспечивают движение внутриклеточных структур и перемещение всей клетки.

**Ядро** клетки играет основную роль в ее жизнедеятельности, с его удалением клетка прекращает свои функции и гибнет. В большинстве животных клеток одно ядро, но встречаются и многоядерные клетки (печень и мышцы человека, грибы, инфузории, зеленые водоросли). Эритроциты млекопитающих развиваются из клеток-предшественников, содержащих ядро, но зрелые эритроциты утрачивают его и живут недолго. Ядро окружено двойной мембраной, пронизанной порами, посредством которых оно тесно связано с каналами эндоплазматической сети и цитоплазмой. Внутри ядра находится *хроматин* – спирализованные участки хромосом. В период деления клетки они превращаются в палочковидные структуры, хорошо различимые в световой микроскоп.

Функции ядра состоят в регуляции всех жизненных отправлений клетки, которую оно осуществляет при помощи ДНК и РНК-материальных носителей наследственной информации. В ходе подготовки к делению клетки ДНК удваивается, в процессе митоза хромосомы расходятся и передаются дочерним клеткам, обеспечивая преемственность наследственной информации у каждого вида организмов.

**Кариоплазма** – жидкая фаза ядра, в которой в растворенном виде находятся продукты жизнедеятельности ядерных структур.

**Ядрышко** – обособленная, наиболее плотная часть ядра. В состав ядрышка входят сложные белки и РНК, свободные или связанные фосфаты калия, магния, кальция, железа, цинка, а также рибосомы. Ядрышко исчезает перед началом деления клетки и вновь формируется в последней фазе деления.

Таким образом, клетка обладает тонкой и весьма сложной организацией. Обширная сеть цитоплазматических мембран и мембранный принцип строения органоидов позволяют разграничить множество одновременно протекающих в клетке химических реакций. Каждое из внутриклеточных образований имеет свою структуру и специфическую функцию, но только при их взаимодействии возможна гармоничная жизнедеятельность клетки. На основе такого взаимодействия вещества из окружающей среды поступают в клетку, а отработанные продукты выводятся из нее во внешнюю среду – так совершается обмен веществ. Совершенство структурной организации клетки могло возникнуть только в результате длительной биологической эволюции, в процессе которой выполняемые ею функции постепенно усложнялись.

### 3. Жизненный цикл клетки

Жизненный цикл клетки отражает все закономерные структурно-функциональные изменения, происходящие с клеткой во времени. Жизненный цикл – это время существования клетки от момента ее образования путем деления материнской клетки до собственного деления или естественной гибели.

У клеток сложного организма (например, человека) жизненный цикл клетки может быть различным. Высокоспециализированные клетки (эритроциты, нервные клетки, клетки поперечнополосатой мускулатуры) не размножаются. Их жизненный цикл состоит из рождения, выполнения предназначенных функций, гибели.

Важнейшим компонентом клеточного цикла является митотический цикл. Он представляет собой комплекс взаимосвязанных и согласованных явлений во время деления клетки, а также до и после него. Митотический цикл – это совокупность процессов, происходящих в клетке от одного деления до следующего и заканчивающихся образованием двух клеток следующей генерации. Кроме этого, в понятие жизненного цикла входят также период выполнения клеткой своих функций и периоды покоя. В это время дальнейшая клеточная судьба неопределенна: клетка может начать делиться (вступает в митоз) либо начать готовиться к выполнению специфических функций.

**Митоз** – это основной тип деления соматических эукариотических клеток. Процесс деления включает в себя несколько последовательных фаз и представляет собой цикл.

Митоз состоит из четырех последовательных фаз – профазы, метафазы, анафазы и телофазы. Ему предшествует период, называемый интерфазой.

Фазы митоза:

1) *профаза*. Центриоли клеточного центра делятся и расходятся к противоположным полюсам клетки. Из микротрубочек образуется веретено деления, которое соединяет центриоли разных полюсов. В начале профазы в клетке еще видны ядро и ядрышки, к концу этой фазы ядерная оболочка разделяется на отдельные фрагменты (происходит демонтаж ядерной мембраны), ядрышки распадаются. Начинается конденсация хромосом: они скручиваются, утолщаются, становятся видимыми в световой микроскоп. В цитоплазме уменьшается количество структур шероховатой ЭПС, резко сокращается число полисом;

2) *метафаза*. Заканчивается образование веретена деления. Конденсированные хромосомы выстраиваются по экватору клетки, образуя метафазную пластинку. Микротрубочки веретена деления прикрепляются к центромерам, или кинетохорам (первичным перетяжкам), каждой хромосомы. После этого каждая хромосома продольно расщепляется на две хроматиды (дочерние хромосомы) которые оказываются связанными только в участке центромеры;

3) *анафаза*. Между дочерними хромосомами разрушается связь, и они начинают перемещаться к противоположным полюсам клетки. В конце анафазы на каждом полюсе оказывается по диплоидному набору хромосом. Хромосомы начинают раскручиваться, становятся тоньше и длиннее;

4) *телофаза*. Хромосомы полностью деспирализуются, восстанавливается структура ядрышек и интерфазного ядра, монтируется ядерная мембрана. Разрушается веретено деления. Происходит цитокинез (деление цитоплазмы). В животных клетках этот процесс начинается с образования в экваториальной плоскости перетяжки, которая все более углубляется и в конце концов полностью делит материнскую клетку на две дочерние.

Начиная с первого митотического деления зиготы, все дочерние клетки, образовавшиеся в результате митоза, содержат одинаковый набор хромосом и одни и те же гены. Следовательно, митоз – это способ деления клеток, заключающийся в точном распределении генетического материала между дочерними клетками. В результате митоза обе дочерние клетки получают диплоидный набор хромосом.

Биологическое значение митоза огромно. Постоянство строения и правильность функционирования органов и тканей многоклеточного организма было бы невозможным без сохранения идентичного набора генетического материала в бесчисленных клеточных поколениях. Митоз обеспечивает такие важные явления жизнедеятельности, как эмбриональное развитие, рост, восстановление органов и тканей после повреждения, поддержание структурной целостности тканей при постоянной утрате клеток в процессе их функционирования.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Назовите основные положения современной клеточной теории.
2. Как исследования клеточного строения живых организмов связано с развитием техники микроскопии?
3. В чем сходство и различие строения клеток прокариот и эукариот?
4. В чем сходство и различие строения клеток растений и животных?
5. Что включает в себя жизненный цикл клетки?
6. Охарактеризуйте стадии митоза.

### ТЕМА 3

## РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ. НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ

1. Типы размножения.
2. Гаметогенез.
3. Методы генетики как науки.
4. Законы Г. Менделя.
5. Формы изменчивости.

### 1. Типы размножения

Размножение – это способность живых существ воспроизводить себе подобных. При этом обеспечивается непрерывность и преемственность жизни. Преемственность определяется тем, что в процессе размножения генетический материал передается от родителей к потомству, в результате родительские признаки в той или иной степени проявляются и у дочерних организмов.

Принято различать 2 основных типа размножения: бесполое и половое.

**Бесполое размножение.** Различают следующие основные типы бесполого размножения: деление, размножение спорами, фрагментация, почкование, вегетативное размножение, клонирование.

**Деление.** Это самая простая форма бесполого размножения, свойственная одноклеточным организмам. Исходная материнская клетка делится митотически на две или несколько более или менее одинаковых дочерних клеток, каждая из которых, в свою очередь, также подвергается дальнейшему делению.

**Размножение спорами.** Очень широко распространенный способ бесполого размножения среди живых организмов и встречается практически у всех растений, грибов и некоторых простейших (например, тип споровики), а также прокариотических организмов (у многих бактерий, сине-зеленых водорослей и др.). Спора – это клетка, покрытая споровой оболочкой, позволяющей переносить действие различных неблагоприятных факторов внешней среды. У многих организмов она является основной единицей расселения, так как большие количества образующихся легких спор свободно переносятся на значительные расстояния движением воздушных масс и потоками воды. У многих растений процесс образования спор (спорогенез) осуществляется в особых мешковидных структурах – спорангиях. Споры могут быть как подвижными, благодаря наличию жгутикового аппарата (в этом случае они называются зооспорами), так и неподвижными, лишенными способности активно передвигаться.

**Фрагментация.** В основе фрагментации лежит способность некоторых живых существ восстанавливать утраченные органы или части тела (явление регенерации). Иногда такая способность развита настолько хоро-

шо, что из отдельного фрагмента восстанавливается целая особь. Например, если планарию (тип Плоские черви) продольным разрезом расщепить на две половины, то каждая восстанавливает утраченную часть и постепенно формируется целая особь.

*Почкование.* Этот способ бесполого размножения характерен, например, для представителей типа кишечнополостных (гидра), а также для оболочников (класс Асцидии). Вначале на теле материнской особи возникает небольшой бугорок, увеличивающийся в размерах, затем появляются зачатки всех структур и органов, характерных для материнского организма. Потом происходит отделение (отпочковывание) дочерней особи. После этого молодой, вновь отделившийся организм растет и достигает размеров исходного экземпляра.

*Вегетативное размножение.* Этот широко распространенный тип бесполого размножения, характерен для многих групп растений – от водорослей до цветковых. Как правило, суть этого процесса состоит в том, что от материнского экземпляра отделяется достаточно хорошо дифференцированная часть или же образуются особые структуры, специально предназначенные для вегетативного размножения (например, луковицы, клубни, клубнелуковицы, корневища, почки и др.). Разновидностью вегетативного размножения является прививка, т. е. пересадка части тела одного организма (*привой*) на другой (*подвой*). Делается это в том случае, когда необходимо сохранить те или иные полезные для человека свойства, не закрепленные на генетическом уровне и не передающиеся по наследству в процессе полового размножения.

*Клонирование.* Это искусственный способ размножения, не встречающийся в естественных условиях. Существует ряд специальных методов, позволяющих клонировать некоторые растения и животных. Клоном называется совершенно одинаковое в генетическом отношении потомство, полученное от одной особи в результате того или иного способа бесполого размножения. Отсюда происходит и название способа.

*Половое размножение.* Половое размножение характерно для подавляющего большинства живых существ и имеет огромное общебиологическое значение. Вся совокупность явлений, связанных с половым размножением, складывается из 4 основных процессов:

1. образование половых клеток – гамет (гаметогенез);
2. оплодотворение (слияние гамет и их ядер) и образование зиготы;
3. эмбриогенез (дробление зиготы и формирование зародыша);
4. дальнейший рост и развитие организма в послезародышевый (постэмбриональный) период.

Главная отличительная особенность половых клеток в сравнении с соматическими та, что они гаплоидны, т. е. имеют вдвое меньшее число хромосом, так все хромосомы представлены в единственном числе и не

имеют пары в виде гомологичной хромосомы. Это происходит благодаря уменьшению (редукции) числа хромосом во время мейоза.

**Мейоз** – это особый способ деления клеток, в результате которого происходит редукция числа хромосом вдвое и переход клеток из диплоидного состояния ( $2n$ ) в гаплоидное ( $n$ ). Кроме этого, при мейозе происходит еще целый ряд процессов, отличающих этот тип деления от митоза. В первую очередь это рекомбинации генетического материала, обмен участками между гомологичными хромосомами (кроссинговер). Кроме того, для мейоза характерна активация транскрипции в профазе первого деления и отсутствие фазы синтеза между первым и вторым делениями. С помощью мейоза образуются споры и половые клетки – гаметы.

Мейоз включает два быстро следующих одно за другим деления:

1. *Редукционное* (мейоз I)
2. *Эквационное* (мейоз II)

Перед началом редукционного деления происходит удвоение хромосом в интерфазе. А между редукционным и эквационным делениями мейоза временной интервал очень короткий и удвоения ДНК не происходит.

Мейоз I (редукционное деление) включает 4 фазы: профаза I, метафаза I, анафаза I и телофаза I.

В профазе I выделяют 5 стадий:

1). *Лептотена (лептонема)*, или стадия тонких нитей. В ядре начинают выделяться хромосомы в виде тонких длинных нитей.

2). *Зиготена (зигонема)*, или стадия сливающихся нитей. Происходит *конъюгация* гомологичных хромосом. При этом гомологичные хромосомы сближаются и образуют *биваленты*. Это парные соединения удвоенных гомологичных хромосом, то есть каждый бивалент состоит из 4-х хроматид.

3). *Пахитена (пахинема)*. На этой стадии происходит второе, очень важное событие, характерное для мейоза – *кроссинговер*, то есть взаимный обмен идентичными участками по длине гомологичных хромосом. Генетическим следствием кроссинговера является рекомбинация сцепленных генов. Таким образом, каждый бивалент содержит четыре хроматиды и тетраплоидный набор ДНК ( $4n4c$ ).

4). *Диплотена (диплонема)*, или стадия двойных нитей. Биваленты начинают расходиться, но в некоторых точках остаются перекрещенными и сцепленными (*хиазмы*). Считается, что именно в местах хиазм и произошел кроссинговер в предыдущей стадии. Происходит укорачивание и конденсация хромосом, отчетливо становится видно, что каждый бивалент состоит из четырех хроматид.

5). *Диакинез*, или стадия обособления двойных нитей, характеризуется максимальной спирализацией бивалентов, уменьшением числа хиазм, потерей ядрышек. Биваленты становятся более компактными, места соединения гомологичных хромосом расположены на их концах. Оболочка ядра распадается, формируется веретено деления.

Метафаза I. Биваленты движутся к экватору клетки, выстраиваются в экваториальной плоскости, прикрепляются своими центромерами к микротрубочкам веретена деления и образуют «материнскую звезду».

Анафаза I. Биваленты распадаются и хромосомы, из которых они состояли, расходятся к полюсам клетки. В отличие от митоза, расходятся не сестринские хроматиды, а гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух сестринских хроматид. С генетической точки зрения, при анафазе I по разным клеткам расходятся аллельные гены, располагающиеся в разных гомологичных хромосомах, диплоидных по количеству хроматид и содержанию ДНК ( $2n2c$ ).

Телофаза I. Происходят те же процессы, что и при митозе. В результате получаются две клетки с диплоидным набором хромосом и ДНК ( $2n2c$ ).

Затем наступает очень короткая интерфаза, где не происходит синтеза ДНК и клетки приступают ко II-му делению мейоза (эквационному).

Мейоз II по морфологии и последовательности фаз ничем не отличается от митоза и также подразделяется на четыре фазы: профаза II, метафаза II, анафаза II, телофаза II. В результате получаются четыре клетки с гаплоидным набором хромосом и ДНК ( $1n1c$ ).

## **2. Гаметогенез**

Обособление первичных половых клеток от соматических у большинства животных происходит, как правило, на ранних стадиях эмбрионального развития. Затем эти клетки собираются в половую железу, и образуется обособленный зачаток, состоящий из первичных половых и окружающих их соматических клеток, – зачаток половой железы. У низших животных (губки, кишечнополостные) соматические клетки способны превращаться в половые на протяжении всего жизненного цикла. У позвоночных животных такого не наблюдается.

Образование половых клеток носит название гаметогенез, он подразделяется на сперматогенез и оогенез.

*Сперматогенез* – это развитие мужских половых клеток (сперматозоидов). Рассмотрим этот процесс на примере млекопитающих. Выделяют 4 периода сперматогенеза:

1. Период размножения. Первичные мужские половые клетки сперматогонии ( $2n$ ) делятся митотическим путем, и количество их многократно возрастает.

2. Период роста. В этом периоде клетки называются сперматоциты 1-го порядка, они увеличиваются в размерах (примерно в 4 раза), в них происходит удвоение ДНК и другие процессы подготовки к последующему делению (мейозу). Сперматоциты 1-го порядка имеют тетраплоидный набор хромосом ( $4n$ ).

3. Период созревания. Сперматоциты 1-го порядка делятся сначала редукционным делением и получаются 2 сперматоцита 2-го порядка ( $2n$ ), а после мейотического деления – 4 сперматиды ( $n$ ).

4. Период формирования. Сперматиды имеют округлую форму и не способны к движению. Поэтому в этом периоде происходит их превращение в сперматозоиды, имеющие специфическую форму: головка, шейка, хвостик. Хвостатые сперматозоиды имеют гаплоидный набор хромосом ( $n$ ), подвижны и способны к оплодотворению.

*Оогенез* – это развитие женских половых клеток (яйцеклеток). Он включает 3 периода.

1. Период размножения. Первичные женские половые клетки оогонии делятся митотическим способом, они имеют диплоидный набор хромосом ( $2n$ ). У большинства млекопитающих этот процесс происходит в первой половине внутриутробного развития.

2. Период роста. В отличие от сперматогенеза в оогенезе период роста длительный и подразделяется на период малого роста и период большого роста. В периоде малого роста ооцит 1-го порядка увеличивается незначительно за счет удвоения ДНК, увеличения объема цитоплазмы; этот период соответствует интерфазе перед мейотическим делением. В периоде большого роста ооцит увеличивается в сотни, а то и в тысячи раз за счет накопления желтка; чаще всего этот период соответствует профазе I мейоза. Ооцит 1-го порядка имеет тетраплоидный набор хромосом ( $4n$ ).

3. Период созревания. Во время редукционного деления ооцит 1-го порядка делится неравномерно и образуется ооцит 2-го порядка, имеющий диплоидное ядро ( $2n$ ) и большой объем цитоплазмы, и первое направительное тельце (полоцит), также имеющий диплоидное ядро, но содержащий очень мало цитоплазмы.

Во время мейотического деления ооцит 2-го порядка вновь делится неравномерно и образуется большая оотида и маленькое направительное тельце (второй полоцит). Первый полоцит тоже делится на две одинаковые клетки. Таким образом, получаются 4 клетки с гаплоидным набором хромосом ( $n$ ), но лишь одна из них – оотида соответствует яйцеклетке и способна в дальнейшем к оплодотворению. Полоциты вследствие нарушения ядерно-плазменного отношения нежизнеспособны и вскоре погибают.

Таким образом, в результате сперматогенеза из одной первичной половой клетки развивается 4 жизнеспособных спермия, а при оогенезе из одной оогонии – только 1 яйцеклетка, способная к оплодотворению.

### 3. Методы генетики как науки

Генетику определяют как науку, изучающую наследственность и изменчивость. Эти два важнейших свойства живых организмов тесным образом связаны с понятием размножение.

Под наследственностью обычно понимают способность организмов передавать из поколения в поколение различные признаки и свойства, а также особенности развития. В основе наследственности лежит способность ДНК хромосом к репликации. Дочерние хромосомы при этом во время клеточного деления равномерно распределяются между образующимися клетками. В хромосомах локализованы гены, кодирующие все белки организма.

Изменчивость – способность приобретать новые признаки под воздействием различных факторов.

Основные понятия:

*Ген* – участок хромосомы, определяющий развитие у организма одного или нескольких признаков. Эти признаки могут быть совершенно разные – биохимические (например, активность какого-нибудь фермента), физиологические (глухота, слепота) и др.

Однако на начальных этапах развития генетики учитывались лишь морфологические признаки – цвет глаз, шерсти или перьев, размер крыльев, форма семян и тому подобное. Наследуемый признак называют *феном*. Совокупность всех генов организма составляет его *генотип*, а всех фенов – *фенотип*. Обычно термин генотип употребляют для обозначения присутствия или отсутствия одного или нескольких конкретных генов. Аналогично фенотипом называют конкретный признак.

У подавляющего большинства высших живых организмов (животные, растения, кроме ряда водорослей и грибов) нормальная соматическая клетка имеет двойной набор хромосом, т. е. каждая хромосома имеет себе парную, практически идентичную по строению и форме – *гомологичную* хромосому. Исключение составляют две половые хромосомы, которые в зависимости от пола могут иметь или не иметь себе гомологичных; но и в этом случае говорят о *паре* половых хромосом. Обычно их обозначают как X- и Y-хромосомы. Все остальные хромосомы называют соматическими. У человека в клетке содержится 46 хромосом: 22 пары соматических и пара половых. Женщины имеют две X-хромосомы, а мужчины – одну X и одну Y-хромосому, т. е. генотип человека  $2 \times 22 + XX$  или  $2 \times 22 + X Y$ . Одинарный набор хромосом, каждая из которых не имеет гомологичных, называется *гаплоидным набором*. У человека гаплоидный набор  $22 + X$  или  $22 + Y$ . Если в клетке имеется двойной набор хромосом (т. е. каждая хромосома имеет по одной гомологичной), говорят о диплоидном наборе, если тройной – о *триплоидном*, если наборов больше – о *полиплоидном* наборе.

#### 4. Законы Г. Менделя

Основные закономерности наследования признаков были открыты Г. Менделем в 1865г. В 1900 году эти закономерности независимо друг от друга «переоткрыли» Г. де Фриз, К. Корренс и Э. Чермак.

Гибридизация – это скрещивание особей, отличающихся по генотипу. Скрещивание, при котором у родительских особей учитывается одна пара альтернативных признаков, называется моногибридным, две пары – дигибридным, более двух пар – полигибридным.

Гибридологический метод Г. Менделя, с помощью которого были выявлены закономерности наследования признаков, имеет следующие особенности:

- подбор пар для скрещивания («чистые линии»);
- анализ наследования отдельных альтернативных (взаимоисключающих) признаков в ряду поколений;
- точный количественный учет потомков с различной комбинацией признаков.

**Первый закон Менделя.** Г. Мендель скрещивал чистые линии растений. Чистыми линиями называют организмы, не дающие расщепления при скрещивании с такими же по генотипу.

При скрещивании сорта гороха, имеющего округлые семена, с сортом, имеющим морщинистые семена, все полученные гибридные семена были круглыми, т. е. одинаковыми. При этом потомки имели сходство только с одним из родителей. На основании результатов опыта было установлено, что в первом поколении проявляются доминирование и единообразие потомков или гибридов первого поколения. Эта закономерность получила название закона доминирования или единообразия гибридов первого поколения.

Первый закон Менделя гласит: при скрещивании гомозиготных особей, анализируемых по одной паре альтернативных признаков, наблюдается единообразие гибридов первого поколения как по фенотипу, так и по генотипу.

**Второй закон Менделя.** Действует при скрещивании гибридов первого поколения, т. е. гетерозиготных особей.

Гибриды первого поколения подверглись самоопылению, и образовавшиеся семена вновь были высеяны. Было получено второе поколение гибридов. Во втором поколении, при самоопылении, расщепление гибридов по генотипу происходило в соотношении 1:2:1. По фенотипу наблюдалось расщепление 3:1. Соотношение потомков с доминантными и рецессивными признаками было близко к  $3/4:1/4$ . Это соотношение выражает второй закон Менделя или закон расщепления.

Второй закон Менделя гласит: при скрещивании гибридов первого поколения (гетерозиготных особей), анализируемых по одной паре альтер-

нативных признаков, наблюдается расщепление в соотношении 3:1 по фенотипу и 1:2:1 по генотипу.

На основе анализа скрещиваний Г. Мендель пришел к выводу о том, что рецессивные задатки не исчезают в гетерозиготном организме, а остаются неизменными и вновь проявляются в последующих поколениях. Позднее У. Бэтсон сформулировал правило чистоты гамет, согласно которому явление расщепления основано на наследовании дискретных единиц – доминантных и рецессивных задатков, не смешивающихся в гетерозиготном организме и расходящихся «чистыми» при образовании гамет.

**Третий закон Менделя.** Мендель скрестил два сорта гороха, отличающихся одновременно по форме и окраске семян. У материнского растения семена были круглые и желтые, у отцовского – морщинистые и зеленые. В соответствии с первым законом Менделя в первом поколении все гибридные семена были круглыми и желтыми. Растения первого поколения, выращенные из этих семян, при самоопылении дали гибридные семена второго поколения. В соответствии с законом расщепления снова были получены морщинистые и зеленые семена. При этом наблюдались все возможные комбинации изучаемых признаков: круглые желтые, морщинистые желтые, круглые зеленые и морщинистые зеленые. В этом проявляется третий закон Менделя – закон независимого наследования признаков или независимого комбинирования аллельных генов.

Он гласит: при скрещивании гомозиготных организмов, анализируемых по двум или более парам альтернативных признаков, во втором поколении наблюдается независимое комбинирование генов разных аллельных пар и соответствующих признаков.

Анализируя результаты расщепления признаков во втором поколении (появление рецессивных гомозигот), Мендель пришел к выводу, что в гетерозиготном состоянии наследственные факторы не смешиваются и не изменяют друг друга. В дальнейшем это представление получило цитологическое обоснование (расхождение гомологичных хромосом при мейозе) и было названо гипотезой «чистоты гамет» (У. Бэтсон, 1902). Ее можно свести к двум основным положениям:

- у гибридного организма гены не гибридизируются (не смешиваются), а находятся в чистом аллельном состоянии;
- из аллельной пары в гамету попадает только один ген в результате расхождения гомологичных хромосом и хроматид при мейозе.

## **5. Формы изменчивости**

Под изменчивостью обычно понимают разнообразие свойств и признаков у особей различной степени родства (наиболее часто изменчивость рассматривают по отношению к популяции и виду). Кроме того, термином изменчивость часто обозначают способность живых организмов изменять свои свойства и признаки.

Традиционно выделяют наследственную (генотипическую) и ненаследственную (модификационную) изменчивости.

**Модификационная изменчивость.** Этот тип изменчивости характеризуется следующими особенностями: затрагивает только фенотип, генотип особи изменениям не подвергается; определяется условиями существования; часто носит приспособительный характер к условиям среды.

Говоря о модификационной изменчивости, важно иметь в виду, что речь идет об *индивидуальных* изменениях. Существование ненаследственной изменчивости приводит к тому, что под влиянием различных условий окружающей среды даже особи с идентичным генотипом могут обнаруживать различные фенотипические особенности. Дело в том, что наследуется не сам признак, а лишь способность к его развитию, причем в зависимости от условий среды признак может проявляться в различной степени.

Иногда ненаследственная изменчивость бывает вызвана нарушениями в работе тех или иных генов, приводящими к морфофункциональным изменениям организма – морфозам. Такого рода отклонения от нормы не носят приспособительного характера.

**Генотипическая изменчивость** характеризуется тем, что: передается по наследству; генотип особи подвергается изменениям; носит случайный характер.

В зависимости от причины изменения генотипа выделяют две формы генотипической изменчивости: мутационную (в результате мутаций) и комбинативную (как следствие новых комбинаций генов).

Комбинативная изменчивость является результатом появления у потомков новых комбинаций генов, унаследованных от родителей. В основе этого типа изменчивости лежит генетическая рекомбинация, происходящая во время мейоза.

**Мутационная изменчивость.** Мутаций – качественные или количественные изменения ДНК клеток организма, приводящие к изменениям их генотипа. Характеристика мутаций:

- Мутации – внезапные скачкообразные изменения наследственных факторов.
- Представляют собой стойкие изменения наследственного материала.
- Качественные изменения, они, как правило, не образуют непрерывного ряда вокруг средней величины.
- Представляют собой ненаправленные изменения генотипа – они могут быть полезными (очень редко), вредными (большинство мутаций) и безразличными для данных условий существования организма.
- Могут повторяться.

Возникающие мутации могут передаваться по наследству в ряду поколений.

Существует несколько принципов классификации мутаций. Различают следующие их типы:

1. по изменению генотипа: а) генные, б) хромосомные, в) геномные.
2. по изменению фенотипа: а) морфологические, б) биохимические, в) физиологические, г) летальные и т. д.
3. по отношению к генеративному пути: а) соматические, в) генеративные.
4. по поведению мутации в гетерозиготе: а) доминантные, б) рецессивные.
5. по локализации в клетке: а) ядерные, б) цитоплазматические.
6. по причинам возникновения: а) спонтанные, б) индуцированные.

**Генные (точечные) мутации.** Точечные мутации связаны с изменением нуклеотидной последовательности ДНК одного гена. Известны 2 их механизма: замена одного основания на другое и изменение количества нуклеотидов – выпадение или вставка одного из них и, как следствие, изменение рамки считывания при транскрипции. Второй механизм приводит к более серьезным последствиям, поскольку при этом во время транскрипции происходит чтение совершенно иных триплетов и синтезируется белок с иной аминокислотной последовательностью.

**Хромосомные мутации.** Этот тип мутаций связан со структурными изменениями хромосом.

**Делеция** – это утрата хромосомой некоторого участка, который затем обычно уничтожается.

**Дупликация** – удвоение участка хромосомы. Эти мутации часто возникают вследствие нарушения обмена участков между гомологичными хромосомами при конъюгации. Дупликации не обязательно наносят вред организму. В ряде случаев они позволяют увеличить набор генов, повышая генетическое богатство популяции.

**Инверсия** – поворот отдельного фрагмента хромосомы на  $180^\circ$ ; при этом число генов в хромосоме остается прежним, а изменяется лишь их последовательность. Несмотря на кажущуюся «безобидность» такого преобразования, оно может являться причиной нарушения процесса конъюгации во время мейоза, действуя как «ингибитор кроссинговера», а в некоторых случаях приводя к формированию нежизнеспособных гамет.

**Транслокация** – обмен участков между нехомологичными хромосомами. В результате транслокации изменяются группы сцепления и нарушается гомологичность хромосом. Гетерозиготы по транслокациям частично стерильны – обладают пониженной плодовитостью – вследствие ненормального протекания конъюгации в процессе образования гамет.

**Транспозиция** – перемещение небольшого участка внутри одной хромосомы.

**Геномные мутации.** Этот тип мутаций связан с изменением числа хромосом. Выделяют: автополиплоидию; аллополиплоидию; анеуплоидию.

**Автополиплоидия** – кратное увеличение гаплоидного набора хромосом в клетке. В результате автополиплоидии образуются полиплоидные организмы – триплоиды, тетраплоиды и т. д. Чаще всего полиплоидами являются растения (реже животные). Этот тип мутаций может возникать при

выпадении цитокинеза, завершающего процесс митоза; отсутствии редукционного деления во время мейоза, либо в случае разрушения веретена деления при делении клеток. Как правило, автополиплоидия сопровождается увеличением размеров организма, но понижением его фертильности из-за того, что при мейозе образуются гаметы с несбалансированным набором хромосом.

*Аллополиплоидия* – кратное увеличение числа хромосом у гибридов, полученных в результате скрещивания разных. Примером может служить отдаленная гибридизация (скрещивание особей разных видов) ржи и пшеницы, в результате которой образуются гибриды со смешанным геномом, состоящим из гаплоидного набора хромосом ржи и гаплоидного набора хромосом пшеницы. Полученные таким образом организмы жизнеспособны, но стерильны.

*Анеуплоидия* – увеличение числа хромосом, не кратное гаплоидному. Это мутация, при которой одна (или несколько) хромосом нормального набора отсутствует, либо, напротив, имеется в избытке. Если отсутствует пара гомологичных хромосом, говорят о явлении нуллисомии по этой хромосомной паре, если отсутствует одна хромосома из пары, говорят о моносомии, если же содержится третья хромосома, дополнительная к паре гомологичных, говорят о трисомии. Моносомии, а тем более нуллисомии почти всегда нежизнеспособны, исключения составляют некоторые полиплоидные растения (например, табак или пшеница, у которых получены все возможные варианты нуллисомиков). У человека нуллисомия не описана, а моносомия возможна только по паре половых хромосом (синдром Шерешевского-Тернера – XO), все остальные варианты летальны. Примером трисомии является синдром Дауна (трисомия по 21-й паре).

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Дайте характеристику типам бесполого размножения.
2. Назовите отличия мейоза от митоза.
3. В чем сущность гаметогенеза?
4. Что изучает генетика?
5. Перечислите законы Г. Менделя.
6. Охарактеризуйте формы изменчивости.

## ТЕМА 4

### КЛАССИФИКАЦИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ. БАКТЕРИИ. ВИРУСЫ

1. Классификация живых организмов.
2. Вирусы.
3. Царство Бактерии.

#### 1. Классификация живых организмов

Благодаря эволюции современный органический мир многообразен и уникален. Ученые предполагают, что сегодня на нашей планете обитает свыше 10 млн видов живых организмов. Поэтому очень важной является задача классифицировать известные виды по группам в определенной последовательности и системе. Это в итоге позволит установить для каждого организма свое место в мире живой природы.

Большой вклад в создание систематики живых организмов внес шведский натуралист Карл Линней (1707–1778). В основу классификации организмов он положил принцип иерархии, или соподчиненности, а за наименьшую систематическую единицу принял *вид*. Для названия вида была предложена **бинарная номенклатура**, согласно которой каждый организм назывался по его роду и виду. Основы линнеевской систематики сохранились до настоящего времени.

Современная классификация отражает эволюционные взаимоотношения и родственные связи между организмами. Принцип иерархии сохраняется.

Всего выделяют семь наиболее распространенных систематических таксонов (табл. 1):

Таблица 1

| Примеры классификации |                                           |           |                                           |
|-----------------------|-------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|
| Таксоны               | Животное                                  | Таксоны   | Растение                                  |
| Вид                   | Лягушка травяная <i>Ranatemporaria</i> L. | Вид       | Клевер ползучий <i>Trifoliumrepens</i> L. |
| Род                   | Лягушки <i>Rana</i>                       | Род       | Клевер <i>Trifolium</i>                   |
| Семейство             | Лягушачьи <i>Ranidae</i>                  | Семейство | Бобовые <i>Fabaceae</i>                   |
| Отряд                 | Бесхвостые <i>Anura</i>                   | Порядок   | Бобовоцветные <i>Fabales</i>              |

|         |                         |         |                                  |
|---------|-------------------------|---------|----------------------------------|
| Класс   | Земноводные<br>Amphibia | Класс   | Двудольные Magnoliopsida         |
| Тип     | Хордовые<br>Chordata    | Отдел   | Покрывосеменные<br>Magnoliophyta |
| Царство | Животные<br>Animalia    | Царство | Растения Plantae                 |

Так *виды* животных объединяют в *роды*, *роды* – *семейства*, *семейства* – в *отряды*, *отряды* – в *классы*, *классы* – в *типы*, *типы* – в *царства*. Следует помнить, что при классификации бактерий, грибов и растений вместо таксона *отряд* используют *порядок*, а вместо таксона *тип* – *отдел*.

Иногда в систематике используют такие категории, как надцарство и империя. Выделяют два надцарства – эукариоты (ядерные) и прокариоты (доядерные), которые включаются в империю клеточных организмов. Вторая империя представлена неклеточными формами жизни – вирусами.

## 2. Вирусы

Вирусы не относят ни к одному из царств живых организмов, а выделяют в самостоятельную группу, называя их неклеточными формами жизни. Для такого названия есть много причин.

От неживой материи вирусы отделяет наличие 2 свойств:

1. способности воспроизводить себе подобные формы (репродуцироваться);
2. наследственности и изменчивости.

В то же время вирусы обладают рядом особенностей, отличающих их от остальных живых организмов:

- они не имеют клеточного строения – нет липидной двуслойной мембраны, отделяющей содержимое организма от среды.
- по сути, вирусы являются облигатными паразитами, функционирующими на генетическом уровне. При этом вне клетки хозяина они находятся в «неживом» состоянии, «ожидая» момента внедрения в клетку.
- к этим организмам неприменимо понятие обмена веществ – метаболизма.
- вирусы не увеличиваются в размерах (не растут).
- вирусы не способны ни к делению, ни к половому размножению.

Находясь в клетке-хозяине, вирус представляет собой молекулу нуклеиновой кислоты. В свободном же состоянии находится в форме вириона.

Вирион (свободная форма) состоит из молекулы нуклеиновой кислоты и окружающей ее оболочки (капсида), которая образована из большого числа белковых молекул (рис. 3). У ряда вирусов (например, герпеса) есть еще одна наружная оболочка (суперкапсид).

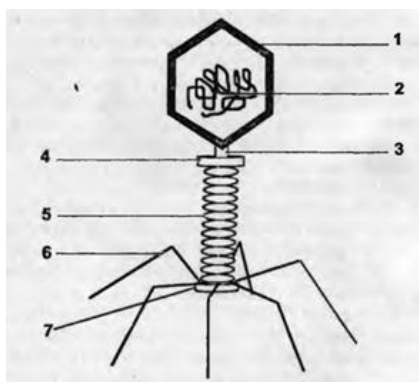


Рисунок 3 – Строение бактериофага:

1 – капсид; 2 – ДНК; 3 – стержень; 4 – воротничок; 5 – сократительный чехол; 6 – хвостовая нить; 7 – базальная пластинка

По строению генома эти организмы сильно отличаются от клеточных. У последних носителем генетической информации является только ДНК, РНК же выполняет функцию посредника в ее реализации. У вирусов носителем информации могут быть как молекулы ДНК, так и РНК.

Репродукцию можно рассматривать как процесс размножения и, условно, как единственный метаболический процесс вирусов. Вирус внедряется в клетку-хозяина и подавляет ее процессы транскрипции и трансляции. В результате начинается экспрессия вирусного генома. Ферментные системы клетки осуществляют репликацию вирусных нуклеиновых кислот и биосинтез белков вирусных оболочек. Затем происходит сборка синтезированных компонентов с образованием вирусных частиц вирионов. После этого клеточные оболочки разрушаются и новообразованные вирусы покидают клетку, которая при этом погибает. До момента гибели в клетке успевает синтезироваться огромное число вирусных частиц.

Существуют однако и такие вирусы, которые могут «мирно жить» в клетке-хозяине, лишь частично подавляя происходящие в ней процессы биосинтеза. При этом клетка в процессе жизнедеятельности «заодно» производит вирусные частицы, которые выходят наружу, не нарушая ее целостности.

Вирусы способны поражать большинство существующих живых организмов. Выделено несколько вирусов грибов, папоротников и голосеменных. Известно много вирусов цветковых растений, среди которых вирус табачной мозаики – первый открытый вирус. Вирусные болезни широко распространены среди животных. Такие заболевания, как оспа, ветрянка, лихорадка, грипп, корь, свинка имеют вирусную природу.

### 3. Бактерии

Бактерии представляют собой прокариотические организмы, обладающие рядом специфических признаков (отсутствие отделенного мембраной ядра и мембранных органоидов, рядом биохимических особенностей, особенностей организации генома и проч.), характерных только для данной группы организмов.

Бактерии встречаются повсеместно. В почве они проникают на глубину 2-3 км, в атмосфере встречаются на высоте до 12 км, во всей гидросфере. Бактерии способны поселяться практически на любом субстрате, используя как органические, так и неорганические соединения. Они чрезвычайно устойчивы в отношении к экстремальным условиям среды: их обнаруживали даже на стенках ядерных реакторов.

Все бактерии исключительно одноклеточные организмы. Некоторые способны образовывать колонии, но клетки в них существуют независимо друг от друга. По форме клеток различают: кокки (шаровидные); бациллы (вытянутые палочковидные); вибрионы (изогнутые в виде запятой); спириллы (спиралевидные).

Многие бактерии имеют жгутики – органы передвижения. Жгутиков может быть много или один. При этом они могут как равномерно распределяться по всей поверхности, так и локализоваться в определенных участках бактериальной клетки.

Снаружи бактериальную клетку одевают слизистые слои и капсула белковой или полисахаридной природы. Они выполняют защитную и «агрессивную» (здесь находятся молекулы токсинов) функции.

Под капсулой у подавляющего большинства бактерий находится клеточная стенка, выполняющая функции скелета и механической защиты. Если клеточная стенка растений построена из целлюлозы, а грибов – из хитина, то у бактерий она состоит из полисахарида – муреина. Известны также и формы, не имеющие клеточной стенки – микоплазмы.

Внутри клетки бактерии находится густая неподвижная цитоплазма. Она имеет слоистое строение, вакуолей нет, поэтому различные белки (ферменты) и запасные питательные вещества размещаются в самом веществе цитоплазмы. Клетки бактерий не имеют ядра. В центральной части их клетки сконцентрирована ДНК, несущая наследственную информацию бактерии, которая не оформлена в ядро.

Внутренняя организация бактериальной клетки сложна и имеет свои специфические особенности. Цитоплазма отделяется от клеточной стенки цитоплазматической мембраной. В цитоплазме различают основное вещество, или матрикс, рибосомы и небольшое количество мембранных структур, выполняющих самые различные функции (аналоги митохондрий, эндоплазматической сети, аппарата Гольджи). В цитоплазме клеток бактерий часто содержатся гранулы различной формы и размеров. Гранулы могут состоять из соединений, которые служат источником энергии и углерода. В бактериальной клетке встречаются и капельки жира.

У бактерий наблюдаются разные способы питания. Среди них есть автотрофы и гетеротрофы. Автотрофы – организмы, способные самостоятельно образовывать органические вещества для своего питания.

Гетеротрофы – организмы, использующие для своего питания готовые органические вещества. Гетеротрофные бактерии подразделяются на сапрофитов, симбионтов и паразитов.

Растения нуждаются в азоте, но сами усваивают азот воздуха не могут. Некоторые бактерии соединяют содержащиеся в воздухе молекулы азота с другими молекулами, в результате чего получаются вещества, доступные для растений.

Эти бактерии поселяются в клетках молодых корней, что приводит к образованию на корнях утолщений, называемых клубеньками. Такие клубеньки образуются на корнях растений семейства бобовых и некоторых других растений.

Корни дают бактериям углеводы, а бактерии корням – такие содержащие азот вещества, которые могут быть усвоены растением. Их сожительство взаимовыгодно. Бактерии отличаются друг от друга обменом веществ. У одних он идет при участии кислорода, у других – без его участия.

Большинство бактерий питается готовыми органическими веществами. Лишь некоторые из них (сине-зеленые, или цианобактерии), способны создавать органические вещества из неорганических. Они сыграли важную роль в накоплении кислорода в атмосфере Земли.

Размножаются бактерии делением одной клетки на две. Достигнув определенного размера, бактерия делится на две одинаковые бактерии. Затем каждая из них начинает питаться, растет, делится и так далее. После удлинения клетки постепенно образуется поперечная перегородка, а затем дочерние клетки расходятся; у многих бактерий в определенных условиях клетки после деления остаются связанными в характерные группы. При этом в зависимости от направления плоскости деления и числа делений возникают разные формы. Размножение почкованием встречается у бактерий как исключение. При благоприятных условиях деление клеток у многих бактерий происходит через каждые 20-30 минут.

Многие бактерии являются возбудителями инфекционных заболеваний человека и животных. Бактериальную природу имеют такие болезни, как тиф, чума, холера, проказа (лепра), туберкулез и многие другие. Роль бактерий в развитии тех или иных инфекций была выяснена благодаря работам Л. Пастера и Р. Коха в XIX в. Этими учеными, а также Г. Риверсом разработан метод доказательства инфекционности некоторых заболеваний.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Назовите систематические таксоны, которые выделяются в современной классификации живых организмов.
2. Почему вирусы не относятся ни к одному из царств живых организмов?
3. Назовите особенности вирусов, отличающих их от остальных живых организмов.
4. Каковы особенности строения бактерий?

## ТЕМА 5

### ГРИБЫ. ВОДОРОСЛИ. ЛИШАЙНИКИ

1. Общая характеристика Царства Грибы.
2. Общая характеристика водорослей.
3. Особенности строения и жизнедеятельности лишайников.

#### 1. Общая характеристика Царства Грибы

Грибы – царство эукариотических гетеротрофных сапрофитных или паразитических организмов. Грибы играют важную роль в биосфере, так как являются основными редуцентами органических веществ, главным образом, остатков растительного происхождения (тогда как бактерии разрушают остатки животных). Эти организмы населяют самые различные места обитания как на суше, так и в водной среде, но основная масса грибов обитает в верхних горизонтах почвы и в листовой подстилке. Некоторые грибы встречаются на очень необычных субстратах, например в соке плодов и нектаре цветов, на роговых остатках (ногти, рога, волосы, перья), на мертвых насекомых, икре рыб и т.д. Грибы являются разрушителями дерева, бумаги, а также ускоряют темпы коррозии металлических конструкций.

Некоторые грибы (в основном сумчатые) вступают в симбиотические отношения с водорослями, в результате чего образуются лишайники.

Для грибов характерны следующие особенности:

1) основной тип питания – гетеротрофный: сапротрофный или паразитический; отсутствуют хлорофиллы и пластиды, пигментов очень мало (различают экзопигменты, окрашивающие субстрат, и эндопигменты, например придающие окраску шляпкам грибов; некоторые грибы обладают люминесценцией);

2) клеточная стенка содержит хитин, но с меньшим содержанием азота, а также гликоген и пигменты (меланин);

3) основными запасными веществами являются гликоген;

4) у грибов специфический метаболизм, характерно образование вторичных метаболитов, например, пенициллина;

5) тело грибов имеет мицелиальную организацию и состоит из нитевидных образований – гиф; некоторые низшие грибы не имеют мицелия и представляют собой комки голой протоплазмы (например, возбудитель «черной ножки» капусты);

6) для многих грибов характерны плодовые тела.

По внешнему виду клетки грибов сходны с растительными и часто имеют многогранную, кубическую или округлую форму. Они покрыты клеточной стенкой, состоящей из хитиновых волокон. Клеточная стенка отсутствует у зооспор низших грибов. Внутреннее пространство клетки заполнено цитоплазмой, в которой «взвешены» органоиды: ядро, митохондрии, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, рибосомы. Пластид у грибов нет. Имеются вакуоли. Запасные питательные вещества (гликоген, масла), а

также пигменты накапливаются в виде зерен. Зооспоры грибов подвижны, так как имеют жгутики – гладкие или перистые.

Вегетативное тело гриба представлено *мицелием* (грибницей). Грибные клетки соединяются друг с другом и образуют нити (*гифы*), которые могут ветвиться. Совокупность таких ветвящихся нитей (гиф) и составляет грибницу. У дрожжей и некоторых других одноклеточных грибов мицелия нет. Нарастание гиф осуществляется за счет деления вершущечных (концевых) клеток.

Для многих «высших» грибов характерны *плодовые тела* – надземные (реже подземные) спороносные образования, состоящие из переплетенных гиф – ложной ткани *плектенхимы*. При этом, в некоторых случаях плектенхима неоднородна и поверхностные слои структурно могут отличаться от внутренних. У основания плодовых тел различимы тяж и гиф, основная функция которых – проведение воды и питательных веществ. Предназначение плодовых тел – обеспечение распространения спор, а также защита спороносных структур. У шляпочных грибов плодовое тело состоит из *шляпки* и *ножки*. При этом снизу шляпки находится спороносная поверхность: *трубчатый* (у белого гриба, подберезовика) или *пластинчатый* (у сыроежки, опенка) *гименофор*. У некоторых грибов (например, у мухоморов) у основания ножки есть так называемое *влагалище (вольва)* – остаток общего покрывала (на начальных стадиях развития все плодовое тело окутано этим покрывалом) и *манжетка* – остаток частного покрывала.

У грибов наблюдается три формы размножения: вегетативное, бесполое и половое.

**Вегетативное размножение** осуществляется фрагментами мицелия (частями гиф) и особыми концевыми клетками (артроспорами и хламидоспорами), имеющими утолщенные стенки. У некоторых одноклеточных грибов (дрожжевые грибы) происходит *почкование* клеток.

**Бесполое размножение** осуществляется посредством спор (конидиоспор), которые образуются в спорангиях (на конидиеносцах). Конидиеносцы представляют собой разветвленные концевые части мицелия, несущие конидиоспоры на концах «веточек». Попадая в благоприятные условия, конидиоспора прорастает и из нее развивается мицелий гриба. У многих низших водных грибов бесполое размножение осуществляется посредством зооспор, которые развиваются в зооспорангиях.

**Половое размножение** грибов возможно тогда, когда происходит слияние гамет, в результате чего образуется зигота. Половые клетки грибов развиваются в особых генеративных органах – сперматозоиды в *антеридиях*, а яйцеклетки в *оогониях* (в случае оогонии). Для большинства грибов характерна зиготическая редукция, т. е. мейоз происходит сразу после образования диплоидной зиготы. У сумчатых грибов половое размножение осуществляется следующим образом. В плодовых телах развиваются особые сумки (*аски*), в которых находятся гаплоидные споры (аскоспоры). При прорастании аскоспор развивается мицелий, на котором возникают гаметангии – *аскогон* и *антери-*

дий. В процессе гаметангиогамии аскогон сливается с антеридием, в результате чего образуются аскогенные гифы с двумя ядрами. Затем кончик такой гифы крючкообразно загибается, формируется сумка, в которой сливаются два генетически различных ядра, и. образуется зигота, которая трижды делится мейотически, в результате чего появляются 8 гаплоидных аскоспор. У базидиальных грибов сумок нет, а споры (базидиоспоры) развиваются на базидиях открыто. Для них характерна соматогамия (сливаются 2 клетки вегетативного мицелия), а не гаметангиогамия, как у сумчатых грибов.

## **2. Общая характеристика водорослей**

Водоросли – это низшие автотрофные растения, содержащие в своих клетках хлорофилл и живущие преимущественно в воде. В морфологическом отношении для водорослей наиболее существенным признаком является отсутствие тела, расчлененного на стебли, листья и корни. Их тело обозначают как слоевище (или таллом). Размножаются они вегетативно или с помощью спор, т. е. относятся к споровым растениям. В физиологическом отношении водоросли резко отличаются от других групп низших растений наличием хлорофилла, благодаря которому они способны поглощать углекислый газ, т.е. питаться автотрофно.

Водоросли являются первыми организмами, у которых в процессе эволюции появилась способность осуществлять фотосинтез с использованием воды в качестве источника (донора) водорода и выделением свободного кислорода, т.е. процесс, свойственный высшим растениям.

Существует огромное разнообразие форм (шаровидные, грушевидные, яйцевидные, веретеновидные, спиралевидные, цилиндрические и др.) и размеров (от нескольких микрометров у сине-зеленых до нескольких сантиметров у харовых) водорослевой клетки.

Разделение водорослей на систематические группы – отделы – в основном совпадает с характером их окраски, связанной, конечно, с особенностями строения. Наиболее широко распространено деление водорослей на 10 отделов:

1. Сине-зеленые.
2. Пирофитовые.
3. Золотистые.
4. Диатомовые.
5. Желто-зеленые.
6. Бурые.
7. Красные.
8. Эвгленовые.
9. Зеленые.
10. Харовые.

Среди водорослей встречаются одноклеточные, многоклеточные и колониальные формы. Клетки водорослей имеют, в общем, характерное для растений строение. Тем не менее, у некоторых относительно примитивных групп

вегетативные клетки – «голые» – не имеют клеточной стенки. Что касается репродуктивных клеток (зооспоры, гаметы), то они также лишены клеточных стенок. В тех случаях, когда клеточная стенка имеется, она может быть образована не целлюлозой (как у высших растений), а некоторым и другим и полисахаридами, а также инкрустирована кремнеземом, карбонатом кальция. У некоторых водорослей могут образовываться особые покровы в виде чешуек или панцирей.

Вакуолярная система, как правило, хорошо развита. Иногда (особенно в подвижных клетках) помимо вакуолей обычного типа имеются пульсирующие вакуоли, способные сокращаться и расширяться. Их основная функция – удаление из клетки избытка воды и продуктов метаболизма.

Хлоропласты водорослей называются хроматофорами. Чаще всего они занимают пристеночное положение и имеют чашевидную, цилиндрическую, лентовидную, зерновидную или дисковидную форму. В хроматофорах помимо хлорофилла может находиться целый ряд дополнительных пигментов: хлорофиллы, а также фикобилины, каратиноиды. Основная масса крахмала или других запасных веществ (например, ламинарина у бурых водорослей) накапливается в хлоропластах и концентрируется вокруг особых белковых телец – пиреноидов.

У многих подвижных групп водорослей в клетках имеется светочувствительное образование – глазок (или стигма), окрашенное обычно в кирпично-красный цвет из-за скопления в нем каротина. Благодаря стигме эти водоросли обладают фототаксисом (способностью к активному движению по направлению к свету).

С точки зрения морфологии для водорослей характерны следующие формы организации таллома:

1. *Монадная* – присуща одноклеточным жгутиконосцам и клеткам, служащим для размножения (зооспорам, гаметам) и характеризуется способностью к активному движению при помощи жгутиков.

2. *Амебоидная* – характерна для клеток, лишенных клеточных стенок и способных образовывать цитоплазматические отростки – «ложноножки» или ризоподии.

3. *Капсальная* – присуща неподвижным, одетым в оболочку или голым клеткам, погруженным в общую слизь.

4. *Коккоидная* – у неподвижных, одетых оболочкой клеток, одиночных или объединенных в цепочки.

5. *Нитчатая* – характеризуется тем, что клетки соединены в нити, которые могут ветвиться.

6. *Разнонитчатая* – отличается от предыдущей тем, что различают 2 типа нитей: стелющиеся по субстрату и отходящие от них вертикальные.

7. *Пластинчатая* – тело водорослей представлено талломом в виде пластины.

8. *Сифональная* – хорошо развитое тело водорослей состоит из клеток, не имеющих поперечных клеточных перегородок, и представлено по сути одной гигантской клеткой с обширной цитоплазмой и множеством ядер.

9. *Сифонокладальная* – отличается от сифональной тем, что на более поздних этапах онтогенеза образуются перегородки и тело делится на многоклеточные сегменты.

Весьма распространенным способом является **вегетативное размножение** при помощи фрагментов таллома, в основе которого лежит способность к регенерации всего тела растения из отдельных частей или клеток. Одноклеточные водоросли обладают способностью к простому делению надвое.

**Бесполое размножение** водорослей осуществляется посредством особых спор. Различают подвижные споры, имеющие один или несколько жгутиков (зооспоры), и неподвижные безжгутиковые (апланоспоры). И те и другие выходят наружу в окружающую их воду при разрыве стенок спорангиев, в которых они развиваются. Попадая на подходящий субстрат при благоприятных условиях, споры прорастают и дают начало новому вегетативному телу.

**Половое размножение** характерно для большинства водорослей. В случае одноклеточных жгутиковых форм сливаться друг с другом могут сами особи (такой половой процесс носит название хологамии). Некоторые неподвижные, лишенные жгутиков формы могут размножаться путем конъюгации, соединяясь между собой посредством своеобразных цитоплазматических мостиков (анастомозов), по которым происходит обмен ядерным материалом между клетками. Во всех остальных случаях половой процесс осуществляется с помощью гамет, образующихся в особых половых структурах – гаметангиях. Гаметы могут значительно различаться по форме, размерам, наличию или отсутствию жгутиков. На этом основании выделяют 3 типа полового процесса:

1. *Изогамия* – сливающиеся гаметы подвижны (имеют один или несколько жгутиков) и внешне не отличаются друг от друга.

2. *Анизогамия* (гетерогамия) – и мужские и женские гаметы имеют жгутиковый аппарат, но различаются размерами.

3. *Оогамия* – женские гаметы крупные, неподвижные, лишены жгутиков; как правило, имеют сферическую форму; а мужские – мелкие, подвижные, со жгутиками, имеют каплевидную, вытянутую или округлую форму.

### 3. Особенности строения и жизнедеятельности лишайников

Лишайники представляют собой симбиотические ассоциации некоторых грибов (главным образом отделов аскомицеты и базидиомицеты) и водорослей. При этом между симбионтами возникают очень тесные связи, в результате чего формируется морфологически и физиологически целостный организм. Такое сосуществование гриба и водоросли является постоянным.

Благодаря своей «двойственной» природе, лишайники чрезвычайно выносливы. Это объясняется большой лабильностью в отношении способов питания (так как водоросль является автотрофным компонентом, а гриб – гетеротрофным), а также способностью впадать в состояние анабиоза, при этом организм сильно обезвоживается (слоевище может содержать до 2% воды). В состоянии покоя лишайники могут переживать действия самых различных неблагоприятных факторов, например, сильного перегрева или охлаждения, практически полного отсутствия влаги и т. д. Вместе с тем лишайники гигроскопичны и моментально впитывают даже мельчайшие капельки воды во время туманов. Поглощая воду, эти организмы очень быстро выходят из анабиотического состояния, как бы оживают, у них усиливаются процессы дыхания, активизируются фотосинтетические реакции клеток водорослей.

Биологические особенности позволили группе лишайников заселить самые неблагоприятные местообитания. Их можно встретить на скалах среди вечных льдов и снегов в высокогорьях, во внутренних районах Антарктиды, на безжизненных арктических островах, в бесплодных пустынях, на совершенно голых вулканических образованиях.

Часто лишайники являются пионерами заселения того или иного участка суши. Благодаря их жизнедеятельности частично разрушаются скальные породы и формируется первичный почвенный слой. Наибольшее разнообразие этих организмов отмечается во влажных местообитаниях, таежных, смешанных лесах, где они поселяются на камнях, поверхности почвы или ветвях и стволах деревьев. Велико значение тундровых лишайников, которые образуют иногда на каменистых, песчаных и супесчаных почвах практически сплошной покров (например, в Северной Якутии, на Таймыре).

Несмотря на высокую устойчивость к действию неблагоприятных природных факторов, лишайники совершенно не выносят загрязнения атмосферы и субстратов различными химическими веществами, и прежде всего, соединениями серы, в особенности сернистым газом. Вот почему они практически отсутствуют в крупных городах, вблизи промышленных предприятий, у автомобильных и железных дорог.

Тело лишайников представлено слоевищем, имеющим размеры от долей миллиметра до нескольких десятков сантиметров, построенным из 2 компонентов – водорослевого (*фикобионт*) и грибного (*микобионт*). Они тесно

взаимосвязаны и выполняют различные функции: водоросли осуществляют синтез основных органических веществ, а грибы поглощают воду и минеральные соли. Гифы гриба могут по-разному контактировать с клетками водорослей: либо проникать сквозь клеточную стенку внутрь клетки, либо плотно прилегать к клеткам водорослей, не прорывая их стенок. В симбиотические отношения с грибом могут вступать зеленые и бурые водоросли. Чаще всего основным фикобионтом является зеленая водоросль требуксия. Иногда фикобионтами являются прокариоты – сине-зеленые водоросли.

Различают два основных типа анатомической организации слоевища. Если в состав лишайника входит сине-зеленая водоросль, то ее клетки диффузно располагаются в талломе и их оплетают гифы гриба. Такой относительно однородный тип организации называют *гомомерным*. Если же водорослевой компонент представлен эукариотическими организмами, то слоевище имеет более сложную организацию и называется *гетеромерным*. В нем обычно можно выделить 4 слоя: верхнюю кору, образованную плотно переплетенными гифами гриба; водорослевый слой, состоящий из клеток водорослей и грибных гиф; сердцевину с рыхло расположенными гифами; и нижнюю кору, подобную верхней и имеющую вдобавок особые структуры для прикрепления к субстрату – ризоиды.

Чаще всего встречается 3 морфологических типа организации слоевища:

- 1) накипное;
- 2) листоватое;
- 3) кустистое.

Рост лишайников осуществляется крайне медленно – всего по несколько миллиметров в год.

Размножение лишайников может осуществляться либо половым путем (за счет грибного компонента, так как клетки водорослей в талломе могут размножаться только вегетативно), либо бесполом. Чаще всего лишайники размножаются бесполом путем – частями таллома, соредиями или изидиями. *Соредии* – вегетативные образования, напоминающие клубочки, состоящие из одной или нескольких клеток водорослей, оплетенных гифами гриба. Располагаются они под коровым слоем и при его разрыве выходят наружу. *Изидии* – вегетативные образования, возникают как выросты верхней поверхности слоевища и также содержат клетки водорослей, оплетенные гифами гриба.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Почему грибы отнесли к отдельному царству?
2. Охарактеризуйте основные формы размножения у грибов.
3. Какие формы организации таллома выделяют у водорослей?
4. Почему лишайники – очень необычная группа живых организмов?

## ТЕМА 6

### ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ

1. Значение растений в природе и жизни человека.
2. Строение и функции корня.
3. Строение и функции стебля.
4. Строение и функции листьев.

#### 1. Значение растений в природе и жизни человека

*Растительный мир* удивительно разнообразен, богат и неповторим. Совокупность растительных организмов, живущих на нашей планете, называют – *флорой*. Она представлена разными растительными сообществами – *фитоценозами*. В настоящее время на планете Земля насчитывается около 500 тыс. видов разнообразных растений, из них почти половина – 250 тыс. видов – это цветковые. Представителей мира растений можно встретить на земном шаре повсюду, где только возможна жизнь. *Роль их* для жизни на планете трудно переоценить. В природе растения участвуют в процессе фотосинтеза, круговорота веществ; они являются питанием для животных и человека; источником продуктов питания, кислорода, а также эстетического наслаждения.

Для жизни человека – это сырье для пищевой, текстильной, деревообрабатывающей, фармацевтической промышленности; растения выполняют большую санитарно-гигиеническую роль, поддерживают газовый состав атмосферы, водного режима; участвуют в стабилизации климата; повышают плодородие почвы.

Невозможно перечислить все то, что создают зеленые растения для природы и жизнедеятельности человека. Но самое главное их значение – это участие в процессе фотосинтеза.

*Фотосинтез* – образование клетками высших растений, водорослей и некоторыми бактериями органических веществ из неорганических при участии энергии света. В основе фотосинтеза лежит окислительно-восстановительный процесс, в результате которого из воды и углекислого газа образуются углеводы, и выделяется свободный *кислород* (рис.4). Происходит это с помощью пигментов (хлорофиллов и некоторых других), присутствующих в хлоропластах и хроматофорах клеток. Ежегодно в результате *фотосинтеза* на Земле образуется 150 млрд. т органического вещества и выделяется около 200 млрд. т свободного кислорода. Запасенная в продуктах фотосинтеза энергия (в виде различных видов топлива) является основным *источником энергии* для человечества.

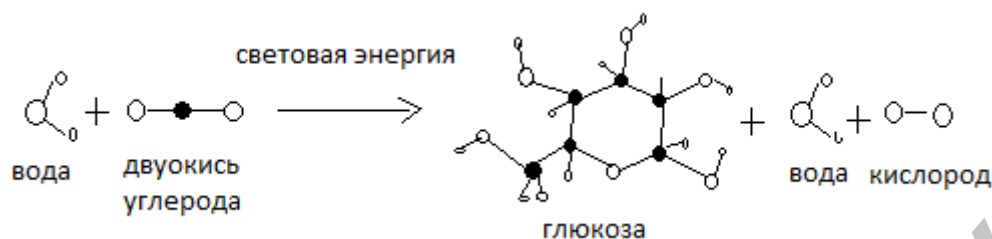


Рисунок 4 – Схема фотосинтеза.

*Растения* – живые организмы, имеющие общее строение клеток, но отличающиеся друг от друга строением вегетативных и генеративных органов; условиями произрастания (наземные, почвенные, водные); средами обитания (вода, почва, воздух, живой организм); продолжительностью жизни (однолетние, двулетние, многолетние); жизненными формами (деревья, кустарники, травы) и т.д.

Большинство растений состоит из *вегетативных* и *генеративных* органов. *Вегетативные* органы способны к длительному росту и увеличению размеров и выполняют *функции*, связанные с индивидуальной жизнью растения, обеспечивают его существование (корень, стебель, побег, листья).

*Генеративные органы* характеризуются ограниченным ростом и отвечают за половое размножение растений, следовательно, обеспечивают непрерывное их воспроизводство (цветок, плод, семя). Все эти органы связаны между собой и образуют целостный *живой организм – растение*.

## 2. Строение и функции корня

*Корень* – основной подземный вегетативный орган, обладающий неограниченным ростом и различными тропизмами. Корень выполняет следующие *функции*: 1) закрепляет растения в почве; 2) проводит воду и минеральные соли из почвы; 3) является органом вегетативного размножения; 4) накапливает питательные вещества; 5) осуществляет синтез веществ, поступающих затем в другие органы растений; 6) служит для дыхания (воздушные корни орхидеи); 7) образует симбиозы с бактериями и грибами.

*По происхождению* различают следующие виды корней: 1) главные – развиваются из зародышевого корешка семени; 2) придаточные – отрастают от нижней части стебля; 3) боковые – отрастают на главных и придаточных корнях.

Совокупность всех корней называют *корневой системой*. *Типы корневых систем* зависят от их формы и могут быть: стержневой корневой системой, мочковатой или смешанного типа (рис.5).

| <b><i>Стержневая</i></b>                                                          | <b><i>Мочковатая</i></b>                                                          | <b><i>Смешанная</i></b>                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Хорошо развит главный корень.<br>Характерна для двудольных растений.              | Главный корень не выделен.<br>Характерна для однодольных растений.                | Характерна для двудольных однолетних или двулетних растений.                        |
|  |  |  |
| Одуванчик                                                                         | Пшеница                                                                           | Фасоль                                                                              |

Рисунок 5 – Типы корневых систем.

Рост корня в длину обеспечивает его анатомическое строение (рис.6).

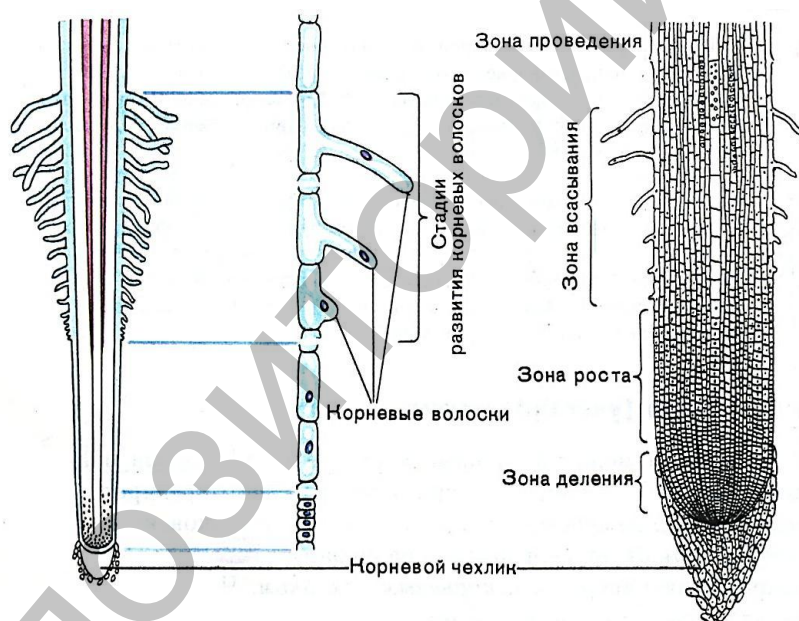


Рисунок 6 – Анатомическое строение корня.

1. *Корневой чехлик* – защищает верхушку корня от трения о почвенные частицы и способствует продвижению корня.
2. *Зона растяжения (роста)*. Рост клеток этой зоны обуславливает основное удлинение корня.
3. *Зона всасывания* следует за зоной роста. На покровной ткани возникают многочисленные выросты – *корневые волоски*, с помощью которых происходит всасывание почвенных растворов.
4. *Зона проведения* обладает хорошо развитой проводящей тканью и передает почвенные растворы выше по органу.

*Дыхание корней* осуществляется всей поверхностью, при этом они поглощают  $O_2$  (кислород) и выделяют  $CO_2$  (углекислый газ). От количества воздуха в почве зависит такое ее качество как *рыхлость*.

У ряда растений в связи с усилением определенной функции корня происходят значительные изменения этого органа, что приводит к его видоизменениям.

1. *Корнеплоды* – морковь, репа, свекла, редис, брюква и др.
2. *Корневые клубни (шишки)* – георгины, чистяк, ятрышник, батат, ночная фиалка и др.
3. *Воздушные* – орхидеи, пальма Монстера и др.
4. *Ходульные* – баньян, пальма и др.
5. *Прищепки* – плющ и др.
6. *Корни-сосальца* – омела, повилика и др.

### **3. Строение и функции стебля**

*Стебель* – осевой надземный вегетативный орган, обладающий неограниченным ростом. Стебель в жизни растений выполняет несколько главных функций: 1) опорная, 2) проводящая, 3) запасаящая, 4) ассимиляционная, 5) орган вегетативного размножения.

*Стебель* как часть побега нарастает в длину и толщину, на нем образуются новые листья. На стебле различают *узлы* (место прикрепления листьев), *междоузлия* (участки стебля между двумя узлами) и *почки*. Стебли бывают *деревянистыми* (стволы) и *травянистыми*. *Форма стебля* у большинства растений на поперечном сечении различная: округлая или цилиндрическая (тополь, ива, береза); многогранная (кактусы); сплюснутая или плоская (опунции); ребристая (валериана); бочонковидная вздутая (баобаб) и др. Стебли отличаются и по размерам. Например, у ряски он почти отсутствует, а у эвкалипта достигает в высоту до 100 метров.

Разнообразен и внешний вид стеблей. Выделяют следующие *типы стебля*: *прямостоячий* (деревья, кустарники); *ползучий* (земляника, клевер); *вьющийся* (хмель, вьюн, фасоль); *стелющийся* (арбуз); *цепляющийся* (огурцы); *прикорневая розетка* (маргаритки, наперстянка).

Внутреннее строение стеблей различное, но все они обязательно имеют многочисленные *сосуды*. На поперечном срезе стебля кукурузы при рассмотрении в микроскоп можно увидеть основные его части. Снаружи находится *кожица*, внутри мякоти стебля различают группы клеток, которые располагаются в виде пучков. Внутри пучка имеются *сосуды*. Сосуды, расположенные к внутренней стороне, образуют *древесину*, к внешней стороне – *луб*. По древесине питательные вещества движутся из корневой системы в листья, то есть, снизу вверх – *восходящий ток*. Органические вещества перемещаются по ситовидным трубкам по стеблю к корням, то есть, сверху вниз – *нисходящий ток*.

У *фасоли* между древесиной и лубом появляется новый слой клеток – *камбий*, за счет которого образуются новые клетки. Центральную часть занимает *сердцевина*, где откладывается запас питательных веществ.

У *деревянистых* растений имеется слой дополнительного камбия, который весной образует более крупные сосуды древесины, а летом – более мелкие с тонкими стенками. В результате такой деятельности получается резкая граница в виде *годовых колец*. Ширина их зависит от климатических условий, от состава почвы. По числу годовых колец можно узнать возраст дерева (рис.7).

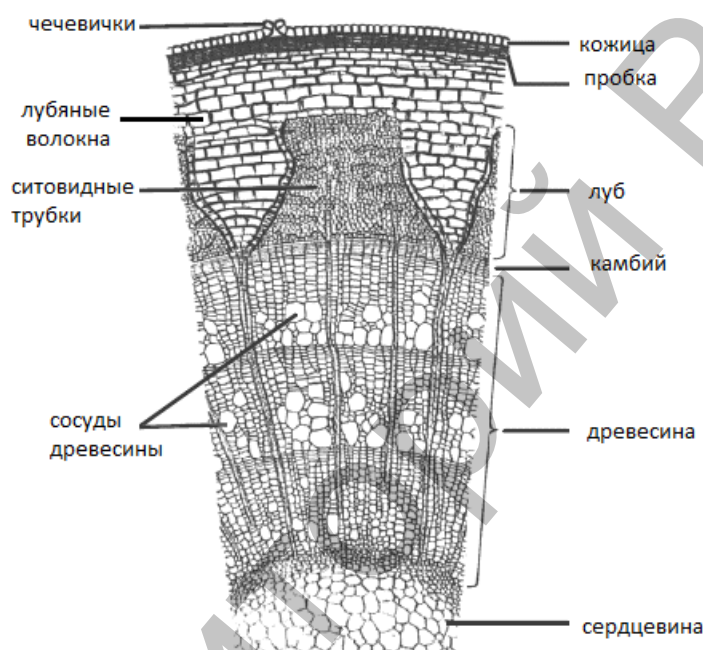


Рисунок 7 – Внутреннее строение стебля.

Стебель способен сильно видоизменяться. В природе встречаются следующие *видоизмененные стебли*: *корневище* (ландыш, пырей, подснежник и др.), *клубень* (картофель), *луковица* (лук, чеснок, лилии и др.), *колючки* (боярышник, дикая яблоня и др.), *усы* (виноград), *роль зеленых листьев* (саксаул), *хранилища влаги* (кактус, агава).

#### 4. Строение и функции листьев

*Лист* – боковой вегетативный орган, обладающий ограниченным ростом и положительным фототропизмом. Как правило, он нарастает не верхушкой, а основанием. В жизни растений лист выполняет три основные функции: 1) фотосинтез (воздушное питание растений), 2) дыхание (газообмен), 3) транспирация (испарение воды).

Лист играет значительную *роль* и в жизни человека: является органом вегетативного размножения; собирает пыль и приглушает шум; используется как лекарственное сырье и др.

По морфологическим признакам листья сильно отличаются друг от друга. Лист принято разделять на листовую пластинку и черешок. Листья, не имеющие черешка и прикрепленные к стеблю непосредственно основанием пластинки, называют *сидячими* (алоэ, гладиолус и др.); листья, прикрепляющиеся к стеблю черешком, называются *черешковыми* (липа, береза, сирень и др.) (рис.8).

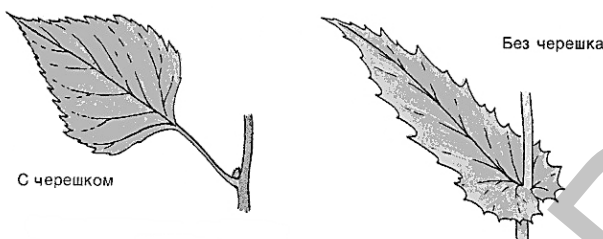


Рисунок 8 – Прикрепление листа к стеблю.

Лист может состоять из одной листовой пластинки и черешка. Такой лист называется *простым* (смородина, клен, вишня, фикус и др.) (рис.9).

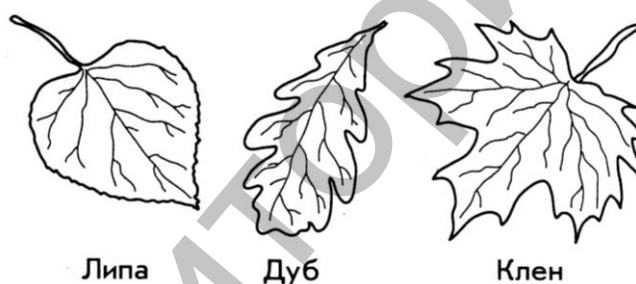


Рисунок 9 – Простые листья.

Если листовых пластинок несколько и прикреплены они короткими черешками к общему черешку, то лист называют *сложным* (малина, акация, земляника и др.). Отдельные пластинки в этом случае называют *листочками*. Различают листья: *тройчато-сложные* (земляника), *пальчато-сложные* (конский каштан), *парноперистосложные* (желтая акация) и *непарноперистосложные* (шиповник) (рис.10).



Рисунок 10 – Сложные листья.

Листовые пластинки могут быть разной *формы*: *округлая* (осина, клевер и др.), *овальная* (орешник, вишня, груша и др.), *яйцевидная* (копытень, яблоня и др.), *сердцевидная* (сирень, липа и др.), *ланцетная* (ива, подорожник и др.), *стреловидная* (стрелолист) (рис.11).

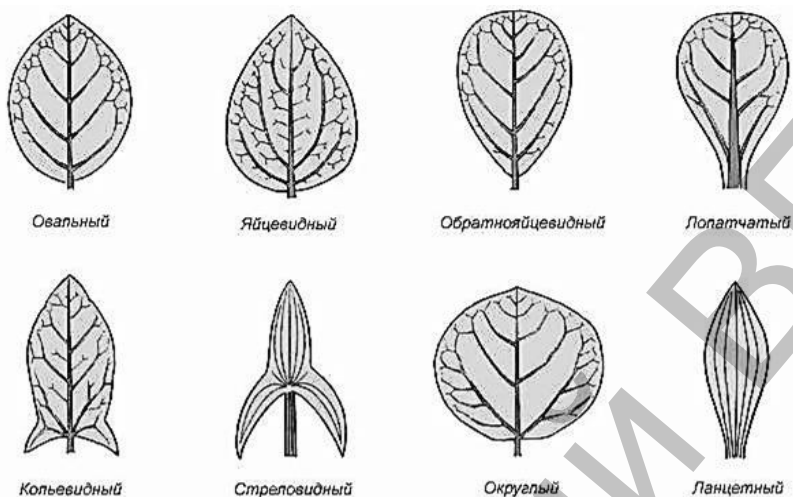


Рисунок 11 –Формы листовых пластинок.

Листья различаются и по *краям листовых пластинок*: *цельнокрайние* (сирень, тополь и др.), *зубчатые* (крапива), *пильчатые* (липа, яблоня), *городчатые* (будра и др.), *выемчатые* (белена, фиалка) (рис.12.).

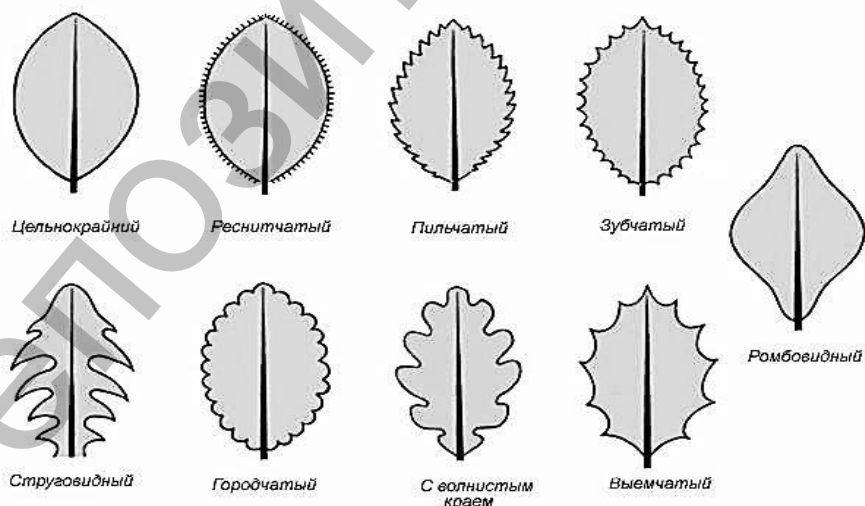


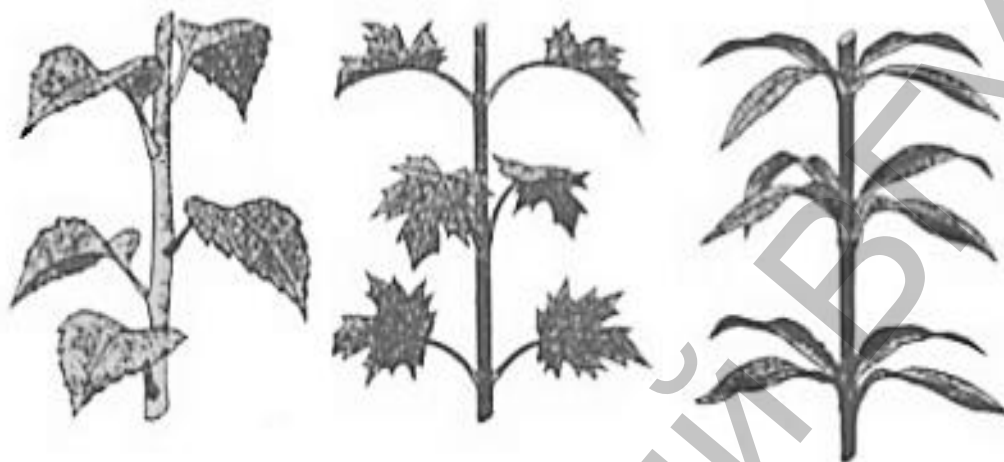
Рисунок 12 – Края листовых пластинок.

Листья на побеге могут располагаться различным образом (рис.13). Существуют следующие основные типы листорасположения:

1) *очередное*, когда листья располагаются по одному в каждом узле (роза, яблоня, слива, дуб, береза, лен и др.);

2) *супротивное*, когда листья располагаются в каждом узле по два, напротив друг друга (сирень, мята, крапива и др.);

3) *мутовчатое*, когда в каждом узле листья располагаются по три и более (марена, олеандр, вороний глаз и др.).



Очередное

Супротивное

Мутовчатое

Рисунок 13 – Листорасположение.

Для того чтобы лучше понять значение зеленых листьев необходимо знать *внутреннее строение листа* (рис.14).



Рисунок 14 – Внутреннее строение листа.

*Лист* – не сплошная зеленая пластинка. Он состоит из множества клеток различной величины и формы, то есть имеет клеточное строение,

которое способствует возникновению не только процесса *фотосинтеза*, но и *дыхания*. Листья дышат через *устьица*, поглощая при этом  $O_2$  (кислород) и выделяя  $CO_2$  (углекислый газ). Процесс дыхания у растений, как и у всех живых организмов, происходит непрерывно и днем, и ночью.

*Устьица* – мелкое отверстие в листе, через которое испаряется влага (рис.15).

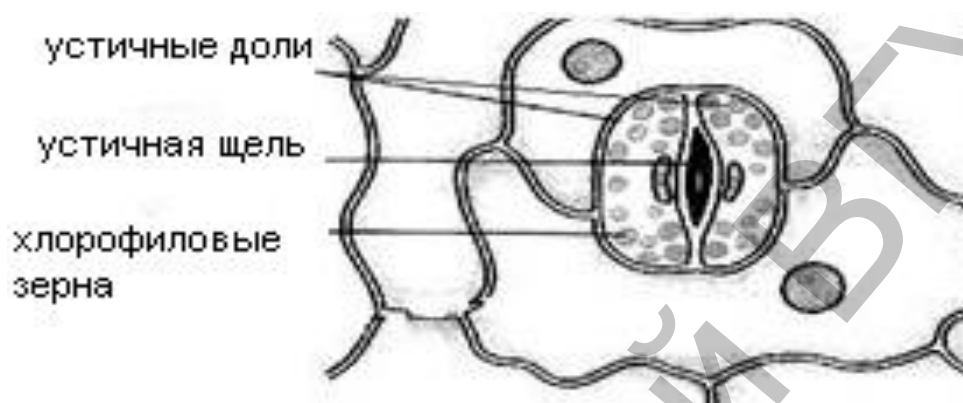


Рисунок 15 – Строение устьица.

Недостаток одного или нескольких условий, необходимых для нормального роста и развития растения, могут повлиять на его внешний вид и строение. В результате чего листья часто видоизменяются и начинают выполнять новые для них функции. В связи с этим выделяют следующие *видоизменения листьев*: усы (горох), колючки (кактус, барбарис), ловчие аппараты (росянка).

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Выделите главное значение растений в природе и жизни человека.
2. Определите сущность процесса фотосинтеза.
3. Перечислите генеративные органы растений.
4. Нарисуйте анатомическое строение корня. На рисунке выделите его зоны.
5. Какие типы стеблей встречаются в природе?
6. В чем отличие простых и сложных листьев.

## ТЕМА 7 ГОЛОСЕМЕННЫЕ

1. Общая характеристика.
2. Жизненный цикл.
3. Значение голосеменных.

### 1. Общая характеристика

Голосеменные – древняя группа семенных растений, появившаяся в верхнем девоне, около 370 млн лет назад. Вероятно, они произошли от древних папоротниковидных, вымерших в начале каменноугольного периода. В мезозойскую эру – эпоху горообразования, поднятия материков и иссушения климата – голосеменные достигли расцвета, но уже с середины мелового периода уступили свое господствующее положение покрытосеменным.

Выражение «голосеменные», впервые использованное русским ботаником А. Н. Бекетовым, указывает на главную отличительную черту этих растений, а именно на то, что семяпочки, а затем и развивающиеся из них семена не имеют, в отличие от покрытосеменных, замкнутогоместилища. Завязь обычно имеет вид простой чешуи, на которой сидит одна или несколько семяпочек; иногда же и эта чешуя не развивается.

Голосеменные включают более 1100 современных видов, входящих в состав 4 отделов:

- Отдел Гинкговые (Ginkgophyta)
- Отдел Гнетовые (Gnetophyta)
- Отдел Саговниковые (Cycadophyta)
- Отдел Хвойные (Pinophyta)

Они широко распространены по поверхности суши и встречаются во всех климатических зонах от тропиков до лесотундры. В Евразии и Северной Америке огромные пространства занимают таежные леса, образованные практически исключительно голосеменными. В субтропических и тропических странах произрастают в основном саговники и гнетовые. Хвойные там представлены небольшим числом видов, например, сосна Монтесумы в Мексике или ливанский кедр на Ближнем Востоке. Голосеменные предпочитают местообитания с относительно прохладным или холодным климатом и достаточным количеством влаги. Однако есть виды, встречающиеся в засушливых и жарких странах, например, типично пустынное растение вельвичия удивительная из южной Африки. В степях юга России и Украины на сухих склонах среди степных злаков и разнотравья можно встретить эфедру – небольшой кустарник, являющийся ксерофитом (т. е. обитателем сухих мест). Таким образом, голосеменные – довольно распространенная группа растений, представленная небольшим количеством видов. Среди них много реликтовых видов, которые были широко представлены в предыдущие геологические эпохи, а теперь встречаются на очень ограниченной территории. К таковым можно отнести единственный ныне живущий вид гинкговых – гинкго двулопастной, произрастающий в Восточном Китае;

Мамонтове дерево, которое можно встретить только в горах штата Калифорния (США); представители родов секвойя, метасеквойя и др.

Строение вегетативного тела голосеменных, представленного спорофитом, очень разнообразно. Голосеменные – древесные растения. В большинстве случаев стебель хорошо развит и одревесневает. Ксилема состоит в основном из трахеид, и только у гнетовых имеются сосуды, что отличает их от всех других голосеменных. Для представителей отдела характерным является наличие в древесине и коре каналов, заполненных смолой, хотя у некоторых (например, гинкго) смола не образуется вовсе. Стебель (или ствол) ветвится моноподиально, т. е. верхушечный побег сохраняется, при этом растение имеет правильную, часто конусовидную форму (ель, пихта). Однако у саговников стебель не ветвится вовсе и имеет колоновидную форму, а на верхушке несет розетку листьев. В этом отношении саговники напоминают пальмы, относящиеся к покрытосеменным растениям.

Листья голосеменных представлены мегафиллами могут иметь самую разнообразную форму: у саговников они перистые, напоминают вайи пальм; у представителей рода гнетум – цельные с развитой пластинкой и черешком, сложной системой жилкования, наподобие листьев двудольных покрытосеменных; у вельвичии в течение всей жизни сохраняются лишь два лентовидных листа, достигающих в длину нескольких метров; у эфедры листья чешуевидные; у гинкго – веерообразные, двулопастные, дифференцированные на пластинку и черешок; а у хвойных листья чаще всего игольчатые (хвоя), сохраняющиеся в течение нескольких лет (у некоторых сосен до 45 лет), у лиственниц же хвоя ежегодно опадает. У хвойных и гинкго на длинных ветвях, растущих на протяжении всего своего существования (ауксибластах), располагаются быстро подсыхающие нефотосинтезирующие чешуевидные листья, в пазухах которых закладываются укороченные побеги (брахибласты). А уже на брахибластах образуются фотосинтезирующие листья (листья гинкго и иглы хвойных).

В отличие от всех предшествующих групп высших растений, у голосеменных развивается главный корень, имеющий удлиненную или веретеновидную форму и способный сохраняться в течение всей жизни. От него отходят боковые корни. Напомним, что главный корень развивается из корешка зародыша. Многие голосеменные могут вступать в симбиотические взаимоотношения с грибами и азотфиксирующими бактериями, поселяющимися на корнях или в самой их ткани.

Голосеменные, как и все семенные растения, разносторовые. Поэтому для них характерно образование 2 типов спор в спорангиях, расположенных на спорофиллах, которые у голосеменных, как правило, собраны в стробилы. Последние представляют собой укороченные побеги, на которых спирально располагаются спорофиллы. Микроспорофиллы, собранные в мужские стробилы (или мужские шишки), несут по два микроспорангия.

Мегаспорангии, в свою очередь, развиваются на мегаспорофиллах, собранных в женские стробилы (или женские шишки). Чешуи мужских шишек представляют собой микроспорофиллы. А в женских шишках каждая чешуя

гомологична целому мужскому стробилу, а не отдельным микроспорофиллам, и является видоизмененным побегом, включающим, кроме семенной чешуи с двумя семязачатками, кроющую стерильную чешую.

Семязачатки, или семяпочки (особые образования, из которых у семенных растений развиваются семена), располагаются на поверхности семенной чешуи открыто (отсюда и название – голосеменные), в отличие от покрытосеменных растений, у которых семяпочки расположены в полости завязи. Каждый семязачаток состоит из нуцеллуса, покрова (интегумента) и семяножки (фуникулуса), посредством которой он прикрепляется к поверхности мегаспорофилла. В интегументе имеется небольшое отверстие, через которое пыльцевая трубка при прорастании пыльцевого зерна внедряется внутрь семязачатка. Это отверстие называется микропиле. Нуцеллус представляет собой мегаспорангий, интегумент и фуникулус – стерильные образования.

Мужской гаметофит сильно упрощен и формируется внутри споры, которая в процессе образования мужских половых клеток (гамет) превращается в пыльцевое зерно. Следует иметь в виду, что образования антеридиев не происходит. Зрелые пыльцевые зерна, содержащие мужской гаметофит, переносятся из микроспорангия на семязачаток. Этот процесс называется *опылением*. Женский гаметофит также значительно упрощен. Он никогда не покидает пределов семязачатка и заключен в мегаспору, как и у большинства разноспоровых растений. На верхушке мегагаметофита (женского гаметофита) развиваются архегонии с яйцеклетками. У гнетовых архегониев нет и их женский гаметофит напоминает по строению гаметофит цветковых растений. Семя голосеменных имеет ряд характерных для данной группы черт строения. Оно состоит из семенной кожуры, зародыша и питательной ткани, которая, в отличие от цветковых растений, гаплоидна. Питательная ткань голосеменных и цветковых растений имеет различное происхождение в процессе онтогенеза.

## 2. Жизненный цикл

Жизненный цикл голосеменных рассмотрим на примере наиболее класса хвойные.

На одном и том же дереве развиваются как мужские, так и женские стробилы (шишки). У голосеменных практически не известны обоеполые стробилы. В микроспорангиях на начальных этапах спорогенеза (образования спор) находится большое количество материнских клеток – микроспор ( $2n$ ). Мейотическое деление материнской клетки приводит к образованию 4 гаплоидных клеток микроспор, каждая из которых в дальнейшем покрывается споровой оболочкой. В результате формируются пыльцевые зерна с воздушными мешками, содержащие мужской гаметофит, состоящий из 4 клеток: 2 проталлиальных, генеративной и клетки трубки. После разрыва стенки микроспорангия происходит рассеивание огромного количества пыльцевых зерен и перенос их с помощью ветра к женским шишкам.

Мегаспорангий у семенных растений несколько видоизменен и называется нуцеллусом, сверху он покрыт интегументом. В нуцеллусе имеется всего лишь 1 материнская клетка мегаспоры. В результате ее редукционного (мейотического) деления образуются 4 гаплоидные клетки мегаспор, 3 из которых редуцируются. Оставшаяся мегаспора никогда не покидает пределов мегаспорангия (нуцеллуса) и дает начало значительно упрощенному мегагаметофиту, на котором развиваются архегонии (чаще всего 2), содержащие яйцеклетки.

Попав на семязачаток, пыльцевое зерно приклеивается к капельке смолистой жидкости, выделяемой семязачатком в области микропиле. По мере испарения микропилярной жидкости объем капли уменьшается и зерно втягивается внутрь семязачатка, попадая на нуцеллус. Соприкосновение поверхности пыльцевого зерна и нуцеллуса стимулирует развитие еще несформированного женского гаметофита. Поскольку процесс прорастания мегаспоры и мегагаметогенез занимает много времени, между опылением и собственно оплодотворением проходит несколько месяцев, а иногда и лет. Вскоре после соприкосновения с нуцеллусом пыльцевое зерно прорастает. Из клетки трубки образуется пыльцевая трубка, проникающая внутрь нуцеллуса. Генеративная клетка, делясь, образует два спермия, лишенных жгутиков, которые по пыльцевой трубке проникают в нуцеллус, двигаясь к архегониям. После попадания в брюшко последних спермин оплодотворяют находящиеся там яйцеклетки, формируя зиготы. Несмотря на то, что оплодотворение происходит сразу в нескольких архегониях в пределах одного и того же мегагаметофита, функциональным остается только одна, с единственной зиготой. Из нее и развивается зародыш семени.

Семя представляет собой результат перестройки всего семязачатка после оплодотворения и имеет сложную организацию. Оно состоит из семенной кожуры, зародыша и запаса питательных веществ, необходимых для его развития и прорастания. Зародыш ( $2n$ ) формируется в результате деления образовавшейся зиготы. Интегумент, разрастаясь, дает начало диплоидной семенной кожуре, выполняющей главным образом защитные функции. Питательная ткань формируется из тела мегагаметофита и поэтому гаплоидна (в отличие от триплоидного эндосперма покрытосеменных). Попав в благоприятные условия, зрелое семя прорастает, образуя вначале проросток, а потом молодое растение. Через какой-то (иногда очень длительный) промежуток времени растение вступает в генеративную фазу, на нем образуются мужские и женские стробилы, и цикл замыкается. Жизненные циклы гнетовых, гинкговых, саговниковых и некоторых вымерших групп, хотя и имеют некоторые особенности, в общих чертах напоминают выше изложенный.

### **3. Значение голосеменных**

Значение голосеменных в природе велико. Они, как и все растения, выделяют кислород и поглощают углекислый газ, а также образуют органическое вещество. Образуя леса, часто в холодных регионах (тайга), они

создают места обитания и пищу для многих животных. Голосеменные образуют как чисто хвойные леса, так и смешанные (совместно с покрытосеменными растениями-деревьями).

Хвойные на склонах рек и оврагах предохраняют почву от размывания.

Сосна выделяет так называемые фитонциды, которые убивают вредные микроорганизмы.

Весной хвойные леса задерживают таяние снега. В результате почва получает много влаги. Также хвойные леса ослабляют силу ветров, поглощают шумы, закрепляют песчаные почвы.

Человек широко использует древесину хвойных растений для строительства, изготовления мебели, как топливо. Хвойные являются сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности. Древесина лиственницы устойчива к гниению, она отличается долговечностью и прочностью. Лиственница растет на больших территориях в тайге. Красотой отличается древесина тиса и кипариса. Самой ценной древесиной является секвойя (красное дерево).

Из древесины ели изготавливают бумагу.

Кедровая древесина используется для изготовления музыкальных инструментов.

Хвойные используются в химической промышленности. Из них получают скипидар, канифоль, спирт, лаки, пластмассы, искусственный шелк и др.

Сердцевина некоторых представителей класса саговниковых используется в пищу. Такие растения называют «хлебными деревьями». Их сердцевина содержит много крахмала. Семена некоторых голосеменных употребляются в пищу. Из семян сибирской кедровой сосны получают пищевое масло. Шишки можжевельника (которые больше похожи на ягоды) используют как лекарственное средство. Из хвойных получают некоторые витамины. Из древесины ели получают активированный уголь, который используется при отравлениях. Смола хвойных может быть использована для лечения ран. Из смолы пихты получают камфору, которая используется при лечении заболеваний сердца.

Некоторые хвойные играют роль декоративных растений.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Дайте общую характеристику, строение вегетативных и репродуктивных структур голосеменных.
2. Зарисуйте схему жизненного цикла голосеменных на примере хвойных.
3. Каково значение голосеменных в природе и жизни человека.

## ТЕМА 8 ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ

1. Цветок: его строение и функции.
2. Опыление цветковых растений.
3. Особенности двойного оплодотворения у цветковых растений.
4. Разнообразие и функции плодов.
5. Сравнительная характеристика класса Однодольные и Двудольные растения.
6. Основные таксономические единицы растительного мира.

### 1. Цветок: его строение и функции

*Цветок.* Каждое цветковое растение зацветает в определенную пору своей жизни. *Цветение растений* – одно из самых удивительных явлений природы, приводящее к образованию плодов и семян.

*Цветок* – укороченный, видоизмененный, специализированный и ограниченный в росте побег, дающий *плод* и *семя* (рис.16).

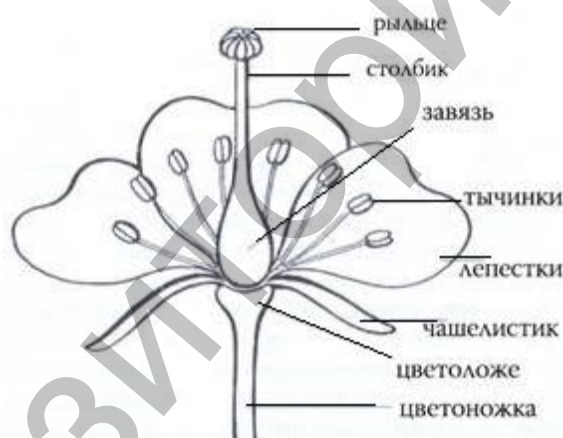


Рисунок 16 –Строение цветка.

*Цветоложем* называется основание цветка, к которому прикрепляются все остальные части: *пестик* (в центре цветка) и *тычинки*, окруженные листочками околоцветника.

*Пестик* – центральная часть цветка. Его расширенное основание, содержащее семязачатки, называется *завязью*, а верхушка, воспринимающая пыльцу, – *рыльцем*. Внутри завязи расположены семязачатки. Из завязи после оплодотворения образуется плод.

*Тычинки* состоят из тычиночных нитей и располагающихся на них *пыльников*, в которых созревает пыльца.

На цветоложе могут располагаться листочки *околоцветника*. Если все листочки одинаковые, то околоцветник называется *простым*. Если все листочки зеленые или пленчатые, то такой простой околоцветник называ-

ют *чашечковидным*, если листочки ярко окрашены – *венчиковидным*. Чашелистики образуют *чашечку цветка*, а лепестки – *венчик*.

Разные части цветка могут быть представлены разным числом, сращены друг с другом или полностью отсутствовать, что создает огромное разнообразие цветков.

Цветки могут быть: *обоеполыми* (с тычинками и пестиками в одном цветке) – картофель, тюльпан, лилия; *однополыми* (только с тычинками (мужские) или только с пестиками (женские) – дуб, береза и др.; *бесполыми* (в цветках отсутствуют тычинки и пестик) – василек, хризантема и др.

Если у растения однополые цветки обоих типов развиваются на одном растении, то такое растение называют *однодомным* (клен, кукуруза и др.); если на одном растении образуются либо только мужские, либо только женские цветки, то растение называют *двудомным* – ива и др.

Цветки могут располагаться по одному на цветоножке или стебле и называются *одинокими* (мак, тюльпан и др.); цветки, расположенные на цветоножке или стебле группами – *групповыми* (черемуха, ромашка и др.).

Цветки могут располагаться на побегах растения поодиночке, но чаще они собраны вместе в большем или меньшем количестве и образуют *соцветия*, которые выполняют следующие функции: 1) привлекают насекомых к опылению; 2) источник питания; 3) лекарственное сырье; 4) эстетическое наслаждение.

Цветки в соцветиях располагаются на цветоножках (коротких боковых побегах) в пазухах сильно уменьшенных листьев. Такие листья называют *прицветниками*. Лист, из пазухи которого развивается все соцветие, называют *кроющим листом* соцветия. Сидячими называют цветки, не имеющие цветоножек и расположенные на оси соцветия. Различают следующие основные типы *простых соцветий* (рис.17):

1) *кисть* – ось соцветия длинная и тонкая, цветки расположены поочередно, сидят на хорошо заметных цветоножках;

2) *колос* – ось цветения длинная и тонкая, цветки расположены поочередно, сидят на очень коротких, почти незаметных цветоножках;

3) *початок* – ось соцветия толстая, мясистая, цветки сидячие;

4) *сережка* – ось соцветия длинная и тонкая (цветков очень много, они сидят вплотную друг к другу), цветки расположены поочередно, сидят на очень коротких, почти незаметных цветоножках; соцветие после цветения опадает целиком;

5) *щиток* – ось соцветия укорочена, цветоножки длинные, причем цветоножки нижних цветков длиннее цветоножек верхних, все цветки располагаются приблизительно в одной плоскости;

6) *зонтик* – ось соцветия совсем короткая, создается впечатление, что цветоножки (лучи зонтика) выходят как бы из одной точки; соцветие в очертании зонтиковидное или шаровидное;

7) *головка* – ось соцветия укорочена и обычно утолщена, цветки сидячие;

8) *корзинка* – ось соцветия короткая, утолщенная или уплощенная, расширенная, ширина соцветия превышает длину оси, цветки сидячие.

Сложные соцветия представляют собой различные комбинации простых: сложный зонтик, сложный колос, метелка (разветвленная кисть), метелка из колосков, метелка из корзинок, щиток из корзинок.

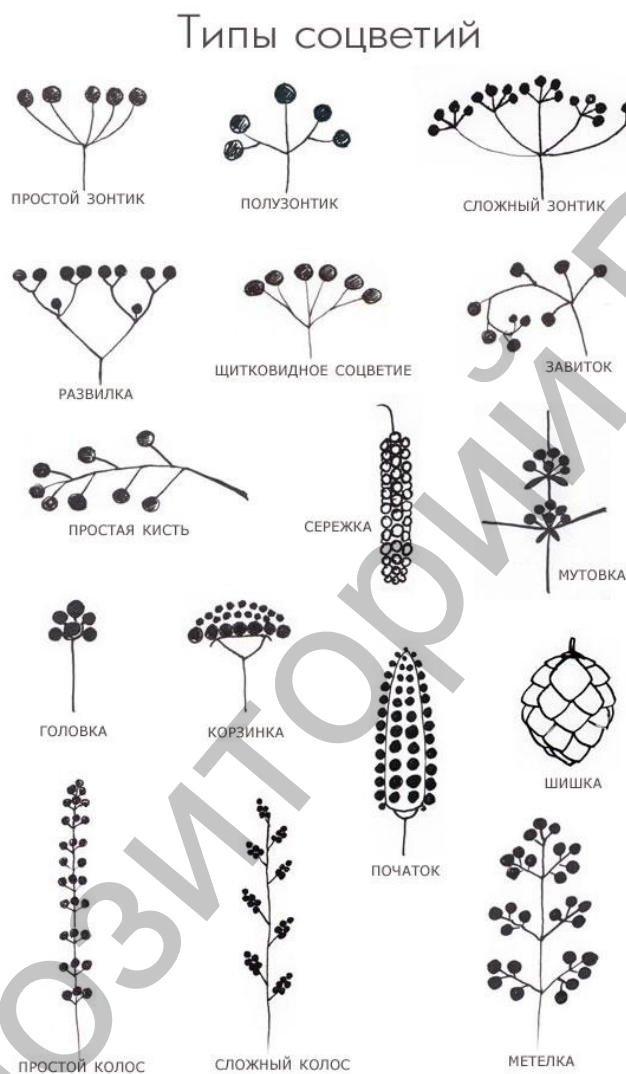


Рисунок 17 – Группы соцветий растений.

## 2. Опыление цветковых растений

*Опыление.* Для того чтобы растения каждый год нас радовали своей неповторимой красотой необходимо *опыление* их цветков. Если этого не произойдет, цветки отцветут и завянут, и растение не принесет плодов и семян. *Опыление* – это перенос пыльцы с тычинок на рыльце пестика цветка. Этот процесс может осуществляться разными способами.

1. *Естественное опыление* происходит в природе. Выделяют следующие виды естественного опыления:

1) *самоопыление* – пыльца с тычинок переносится на пестик того же цветка (горох, пшеница, овес, просо и др.);

2) *перекрестное опыление* – пыльца с тычинок одного растения переносится на пестик другого растения. Этот способ характерен для ветроопыляемых (береза, рожь) и насекомоопыляемых (мак, календула) растений.

2. *Искусственное опыление* – человек с определенной целью переносит пыльцу с тычинок на пестики цветков.

Цветение растений, как правило, заканчивается образованием *плодов* и *семян*. Эти новообразования у растений появляются только после процессов их опыления и оплодотворения.

### 3. Особенности двойного оплодотворения у цветковых растений

*Оплодотворение* – слияние мужской и женской половых клеток, приводящее к образованию нового организма (рис.18). Пыльца попадает на рыльце пестика, где прорастает в пыльцевую трубку. Пыльцевая трубка растет в сторону завязи, где находится семязпочка. Достигнув завязи, пыльцевая трубка проникает в семязпочку. Оболочка трубки на конце раскрывается и два спермия выходят в зародышевый мешок. Из двух спермиев один сливается с яйцеклеткой, второй – со вторичным ядром зародышевого мешка. Из оплодотворенной яйцеклетки развивается зародыш, а из оплодотворенного вторичного ядра зародышевого мешка образуется эндосперм (запас питательных веществ). Зародыш и эндосперм образуют плод.

Описанный процесс универсален для покрытосеменных растений. Его открыл в 1898 г. профессор Московского университета С.Г. Навашин и назвал *двойным оплодотворением*, так как в оплодотворении участвуют два спермия.

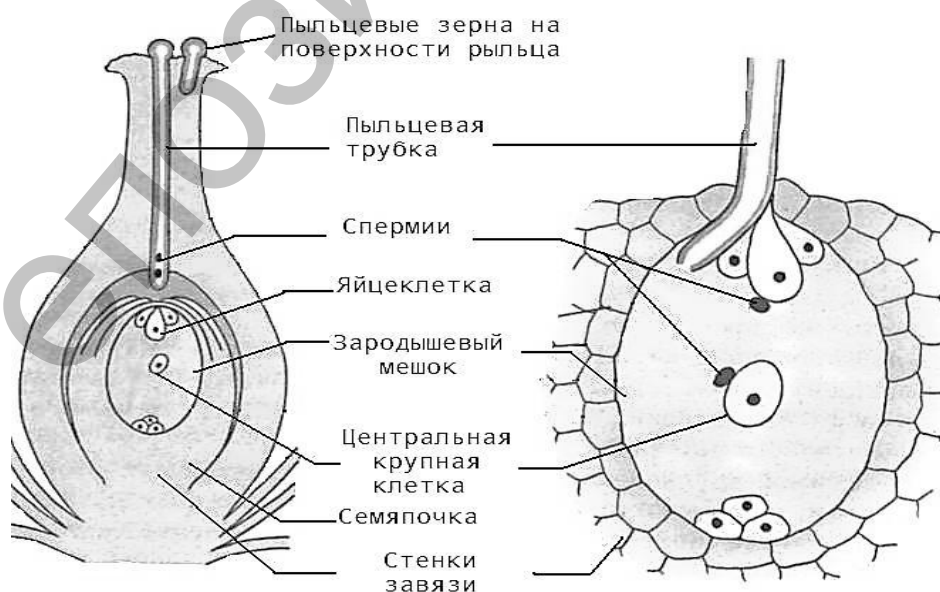


Рисунок 18 – Оплодотворение у цветковых растений.

#### 4. Разнообразие и функции плодов.

*Плод* – генеративный орган размножения растений, развивающийся из завязи цветка после оплодотворения и служащий для формирования, защиты и распространения семян.

*Семена* – это органы генеративного размножения растений. *Семя* – зачаточное растение (*зародыш*), развивающееся из семяпочки, содержащее специализированную запасную ткань (*эндосперм*), окруженную защитным покровом – *семенной кожурой*. В зависимости от строения семени все растения делятся на две группы: *однодольные* (семена имеют одну семядолю) (рис.19) и *двудольные* (зародыш семени имеет две семядоли) (рис.20).

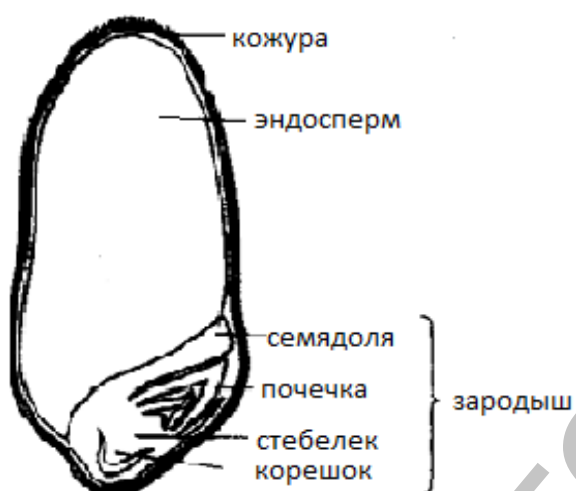


Рисунок 19 – Строение семени зерновки.

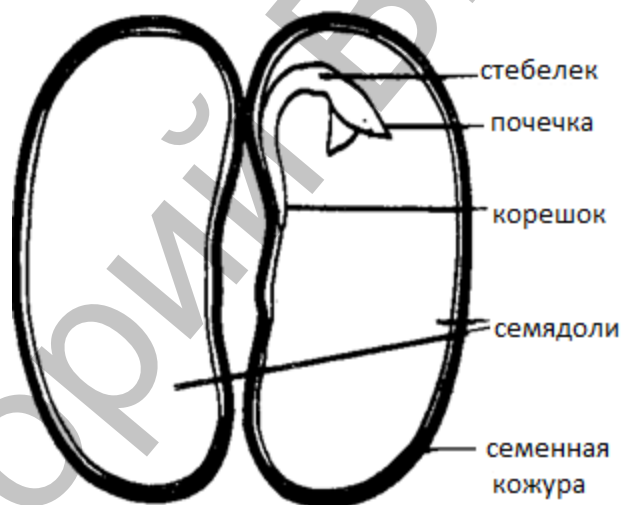


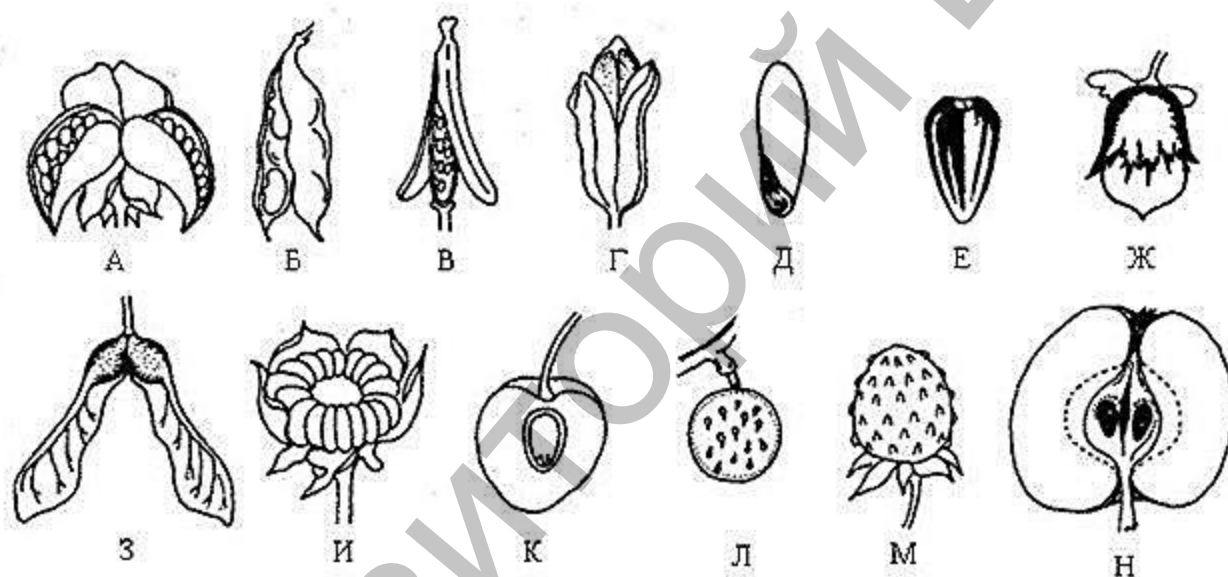
Рисунок 20 – Строение семени фасоли.

В природе выделяют разные типы плодов и семян (таблица 2, рис.21).

Таблица 2

| Типы плодов и семян                    |                                         |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Типы плодов                            | Примеры                                 |
| 1.Сочные односемянные:                 |                                         |
| костянка                               | черешня, слива, черемуха, калина и др.; |
| многокостянка                          | малина, ежевика и др.;                  |
| 2.Сочные многосемянные:                |                                         |
| ягода                                  | черника, клюква, смородина и др.;       |
| яблоко                                 | яблоня, груша, рябина, боярышник и др.; |
| 3.Сухие односемянные не вскрывающиеся: |                                         |
| орех                                   | орешник, береза, липа др.;              |

|                                      |                                                |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| многоорешек                          | лютики, гравилат, земляника и др.;             |
| крылатка                             | вяз, клен, ясень и др.;                        |
| семянка                              | подсолнечник и остальные сложноцветные;        |
| зерновка                             | рожь, пшеница и прочие злаки;                  |
| желудь                               | дуб;                                           |
| 4.Сухие многосемянные вскрывающиеся: |                                                |
| многолистовка                        | спирея, пузыреплодник;                         |
| коробочка                            | мак, гвоздики, фиалки, конский каштан, тополь; |
| стручок                              | капуста, пастушья сучка, сурепка и др.;        |
| боб                                  | фасоль, боб, горох и др.;                      |



Плоды: А - листовка; Б - боб; В - стручок; Г - коробочка; Д - зерновка; Е - семянка; Ж - орех; З - двукрыльник; И - drobный плод; К - костянка; Л - ягода; М - сложный плод клубники; Н - яблоко

Рисунок 21 – Типы плодов.

### Распространение плодов и семян. Размножение растений

Созревшие плоды и семена *распространяются* различными способами, широко распространяясь на нашей планете. Различают основные способы распространения плодов и семян: 1) *ветер* (парашютики, крылышки, волоски); 2) *животные и человек* (крючки, колючки, сочная мякоть); 3) *вода* (плавучесть); 4) *растения – катапульты* (бобы, недотрога); *клейкое вещество* (земляника, череда, огурцы).

В определенную пору жизни каждое растение способно к размножению.

*Размножение* – одно из свойств растительных организмов, способствующее увеличению их численности, осуществляется тремя способами: бесполое, вегетативное и половое.

*Бесполое размножение* – за счет спор, которые состоят из одной или несколько клеток (водоросли, грибы, лишайники, мхи, папоротники).

*Вегетативное размножение* – за счет отделения от материнского организма вегетативного органа или его части. Выделяют естественное и искусственное вегетативное размножение.

*Естественное вегетативное* размножение может осуществляться: *корневыми отпрысками* (одуванчик, осот, тополь); *клубнями* (картофель); *корневищами* (пырей); *луковицей* (чеснок, лилия, лук); *усами* (земляника, гусиная лапка).

*Искусственное вегетативное* размножение осуществляется: делением куста, черенками (стеблевое, корневое и листовое), отводками, прививками.

*Половое* размножение осуществляется в результате слияния (оплодотворение) женских и мужских половых клеток, при котором образуется новое растение.

## 5. Сравнительная характеристика класса Однодольные и Двудольные растения

Таблица 3

Отличительные признаки одно- и двудольных растений

| Части растения      | Признаки                                                                                                                                     |                                                                                                                                                               |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | Однодольных                                                                                                                                  | Двудольных                                                                                                                                                    |
| 1. Корневая система | Мочковатая: главный корень рано отмирает                                                                                                     | Стержневая: хорошо развит главный корень, боковые                                                                                                             |
| 2. Стебель          | Травянистый, не способен ко вторичному утолщению, ветвится                                                                                   | Травянистый или деревянистый, способен ко вторичному утолщению, ветвится. Проводящие пучки имеют камбий, располагаются одним большим массивом в центре стебля |
| 3. Листья           | Простые, цельнокройные, обычно без черешка и прилистников, часто влагалищные имеют параллельное или дуговое жилкование; расположены двурядно | Простые или сложные, рассеченные или зубчатые, часто с черенком и прилистниками имеют сетчатое или пальчатое жилкование, расположены очередно или супротивно  |

|                  |                                                                                                                            |                                                                                                                     |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Цветок        | Трехлепестной, реже двух или четырех                                                                                       | Пятилепестной, реже четырех                                                                                         |
| 5. Опыление      | Большинство опыляются ветром                                                                                               | Большинство опыляются насекомыми                                                                                    |
| 6. Семя          | Одна семядоля                                                                                                              | Две семядоли                                                                                                        |
| 7. Представители | Зерновые: рожь, пшеница, кукуруза;<br>Луковичные: лук, чеснок, лилин, гладиолусы;<br>Злаки: мятник, тимopheев-ка, овсяница | Бобовые: фасоль, горох, боб;<br>Цветковые: георгины, подорожник, одуванчик;<br>Плодоваягодные: яблоня, груша, слива |

## 6. Основные таксономические единицы растительного мира

Для того чтобы изучать, описывать и наблюдать за растениями, необходимо знать их названия и расположение в *определенной системе*. Она представлена *классификацией* – это систематизация всего разнообразия растительного мира на основе сходства их строения и филогенетических отношений (таблица 4.).

Таблица 4

Классификация растительного мира

| ВИД            | РОД       | СЕМЕЙСТВО     | КЛАСС       | ТИП             |
|----------------|-----------|---------------|-------------|-----------------|
| Мелко-лист-ная | Липа      | Липовые       | Двудольные  | покрытосеменные |
| Гусиный        | Лук       | Лилейные      | Однодольные | покрытосеменные |
| Черная         | Смородина | Крыжовниковые | Двудольные  | покрытосеменные |
| Луговой        | Мятлик    | Злаки         | Однодольные | покрытосеменные |

*ВИД* – это группа растений, имеющих одинаковое строение, функции, скрещивающихся в природе между собой и имеющих общее строение.

*РОД* – это группа близких видов, отличающихся небольшими особенностями в строении.

*СЕМЕЙСТВО* – более обширная группа растений, представленная близкими родами.

*КЛАСС* – обширная группа растений, представленная близкими семействами.

*ТИП* – самая крупная единица классификации растений.

Классификация растений дает возможность выделить *систематику растений* (таблица 5).

Разнообразен и богат растительный мир Республики Беларусь. В настоящее время насчитывается около *12 тысяч видов растений и грибов*, причем *1750 видов* представлено *типом покрытосеменных*, включающих: *дикорастущие* (дикая редька, пастушья сумка), *культурные* (рожь, ячмень, кукуруза), *лекарственные* (береза, липа, одуванчик, тысячелистник), *ядовитые* (белая ягода, борщевик, волчье лыко, дурман).

Таблица 5

### Систематика растений

| РАСТЕНИЯ           |                         |                |
|--------------------|-------------------------|----------------|
| НИЗШИЕ             | ВЫСШИЕ                  |                |
| Водоросли          | Мохообразные            |                |
| Бактерии           | Псилофитообразные       |                |
| Грибы              | Плаунообразные          |                |
| Лишайники          | Папоротникообразные     |                |
| Тип ГОЛОСЕМЕННЫЕ   | Тип ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ     |                |
| класс шишконосные  | класс двудольные (80%)  |                |
| класс саговниковые | класс однодольные (20%) |                |
|                    | Семейства (350)         | Семейства (80) |
|                    | магнолиевые             | линейные       |
|                    | лютиковые               | луковые        |
|                    | маковые                 | осоковые       |
|                    | крапивные               | злаки          |
|                    | березовые               | рясковые       |
|                    | крестоцветные           | сложноцветные  |

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Продолжите фразу «Цветок – это...»
2. Какими способами осуществляется процесс опыления в природе?
3. Какие плоды относят к сухим односемянным невскрывающимся. Приведите пример.
4. Дайте определение понятию «Классификация растений» и основным классификационным единицам.

## ТЕМА 9 ЦАРСТВО ЖИВОТНЫЕ

1. Мир животных. Его значение в природе и жизни человека.
2. Основные систематические группы животных.

### 1. Мир животных. Его значение в природе и жизни человека

Животные, как и растения – живые организмы. Между ними много общего, однако, имеется ряд явных и скрытых *отличий* (таблица 6).

Животные играют большую роль в жизни нашей планеты.

Значение животных в природе заключается в следующем: они участвуют в процессе опыления растений, почвообразования, многие из них являются санитарами леса, животные способствуют распространению плодов и семян, принимают участие в цепях питания и круговороте веществ.

Таблица 6

**Сходство и различие растений и животных**

| ПРИЗНАК                    | РАСТЕНИЯ                                                                                 | ЖИВОТНЫЕ                                                                                                                          |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способ питания             | Автотрофные, реже гетеротрофные                                                          | Гетеротрофные                                                                                                                     |
| Обмен веществ              | Идет за счет фотосинтеза                                                                 | Идет за счет поступления веществ с пищей                                                                                          |
| Способность к передвижению | Неактивное, тропизмы, токсины                                                            | Активное                                                                                                                          |
| Целлюлозная оболочка       | Имеется                                                                                  | Отсутствует                                                                                                                       |
| Ткани                      | Образовательная, покровная, проводящая, механическая, основная                           | Эпителиальная, мышечная, соединительная, нервная                                                                                  |
| Система органов            | ВЕГЕТАТИВНЫЕ: стебель, корень, лист<br>ГЕНЕРАТИВНЫЕ (репродуктивные): цветок, семя, плод | СОМАТИЧЕСКИЕ: опорно-двигательная, кровеносная, дыхательная, выделительная, пищеварительная, покровная<br>РЕПРОДУКТИВНЫЕ: половая |
| Нервная деятельность       | Отсутствует                                                                              | Имеется                                                                                                                           |
| Роль в цепи питания        | Сходство и различия растений и животных<br>Продуценты                                    | Консументы                                                                                                                        |

Велика роль животных в жизни человека: вызывают эстетическое наслаждение; обеспечивают продуктами питания (мясо, масло, жир, молоко и др.); вызывают заболевания (аскаридоз, энтеробиоз, педикулез); являются переносчиками возбудителей заболеваний (малярийный комар, комнатная муха; обеспечивают сырьем пищевую, текстильную, фармацевтическую отрасли хозяйства; ряд животных являются лабораторными объектами (муха – дрозофила, крысы, мыши).

## 2. Основные систематические группы животных

Совокупность животных организмов, живущих на земле, называют *фауной*.

Царство животных самое многочисленное среди других царств. В настоящее время в природе насчитывается от 2,5 до 3 млн. видов животных. Они различные по внешнему виду, внутреннему строению, образу жизни, происхождению. Среди них встречаются карлики и великаны, беспозвоночные и позвоночные, холоднокровные и теплокровные, всеядные, паразиты, симбионты и др.

Несмотря на такое богатое разнообразие животных форм всех их можно объединить в определенные единицы классификации (таблица 7) – *систематику животных* (таблица 8.)

Таблица 7

### Классификация животных

| Царство (Животные) |                  |                |                |
|--------------------|------------------|----------------|----------------|
| Подцарства         |                  |                |                |
| Одноклеточные      |                  | Многоклеточные |                |
| Тип                | Тип              | Хордовые       |                |
| Корненожки         | Кишечнополостные | Надкласс       | Класс          |
| Жгутиковые         | Плоские черви    | Рыбы           | Птицы          |
| Споровики          | Кольчатые черви  |                | Земноводные    |
| Инфузории          | Круглые черви    |                | Пресмыкающиеся |
|                    | Моллюски         |                | Млекопитающие  |
|                    | Членистоногие    |                |                |
| Беспозвоночные     |                  |                |                |

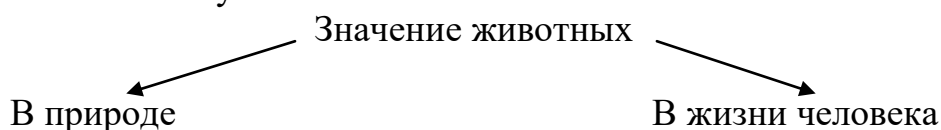
Таблица 8

### Систематика животных

| Царство  | Подцарство     | Тип      | Класс          | Отряд      | Семейство              | Род     | Вид            |
|----------|----------------|----------|----------------|------------|------------------------|---------|----------------|
| Животные | Многоклеточные | Хордовые | Пресмыкающиеся | Чешуйчатые | Ящерица<br><br>Медведь | Ящерица | Ящерица-рыт-ка |
| Животные | Многоклеточные | Хордовые | Млекопитающие  | Хищные     |                        | Медведь | Медведь бурый  |

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Допишите схему:



2. Из единиц классификации (царство, подцарства, тип, класс) создайте современную систематику животных.

## ТЕМА 10 ПРОСТЕЙШИЕ

1. Характеристика простейших.
2. Основные представители. Значение в природе и жизни человека.

### 1. Характеристика простейших

К этому подцарству относятся более 40 тыс. видов *простейших*, обитающих в морях, океанах, пресных водоемах, почве, живом организме. Обязательным условием для их жизни является наличие *жидкой среды*: вода в водоемах, влага в почве, капли росы на растениях, кровь и полостная жидкость в организме человека или животных.

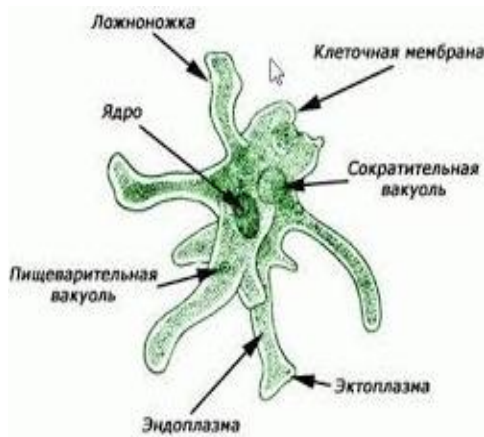


Рисунок 22 – Амеба

Тело одноклеточных животных – это одна клетка микроскопических размеров, но в тоже время это цельный организм-клетка, способный существовать самостоятельно: питаться, передвигаться, размножаться, раздражаться и выполнять другие жизненно важные функции. *Тип Корненожки*. Представители – *амеба обыкновенная, амеба дизентерийная, амеба кишечная* (рис.22).

Это одноклеточные животные без постоянной формы тела, имеющие ряд *особенностей*:

1. Передвигаются с помощью ложноножек;
2. Питаются за счет пищеварительной вакуоли;
3. Выделение происходит за счет сократительной вакуоли;
4. Размножаются путем деления;
5. Переносят неблагоприятные условия в форме цисты.

### 2. Основные представители. Значение в природе и жизни человека

*Тип Жгутиковые*. Представители – *эвглена зеленая, вольвокс* (рис.23).

Свободноживущие и колониальные микроскопические водоросли, обитающие в пресных (иногда загрязненных) водоемах. При массовом размножении вызывают «цветение» воды в загрязненных водоемах, поэтому являются индикаторами качества воды. Содержат хлорофилл, в связи с этим для них характерен смешанный тип питания (гетеротрофный и автотрофный).

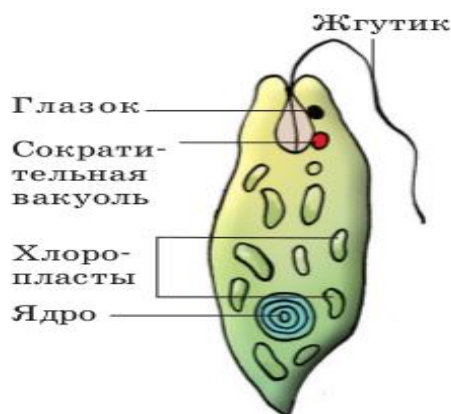


Рисунок 23 – Эвглена зеленая.



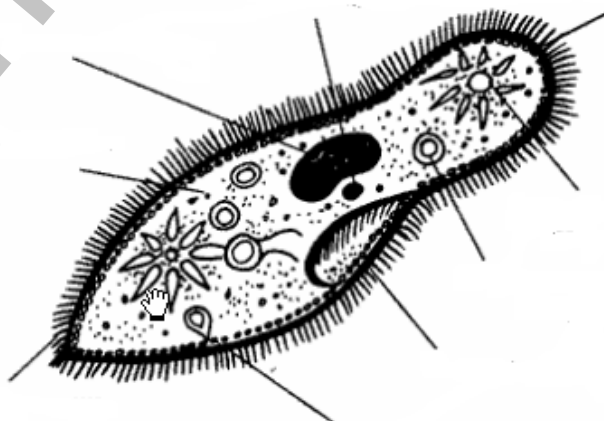
Рисунок 24 – Инфузория-туфелька.

*Тип инфузории.* Представители – инфузория-туфелька (рис.24). Передвигаются с помощью ресничек. Тело представлено одной сложноустроенной клеткой. В ней расположены два ядра – большое отвечает за процессы обмена веществ и бесполое размножение, а малое обеспечивает половой процесс.

*Значение* в природе и жизни человека представителей подцарства *простейших*: 1) участвуют в цепях питания; 2) скелеты – раковинки морских одноклеточных образовали залежи известняка, мела, и являются индикаторами залежей нефти; 3) Насыщают воду кислородом; 4) Паразитируют на рыбах; 5) Являются возбудителями заболеваний человека.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Перечислите особенности одноклеточных животных.
2. Обозначьте строение инфузории туфельки:



## ТЕМА 11

### КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ

#### 1. Общая характеристика типа Кишечнополостные.

#### 2. Общая характеристика

К нему относятся животные, тело которых состоит из многих клеток, отличающихся дифференцировкой и выполняющих в организме разные функции.

*Тип Кишечнополостные.* Насчитывает около 10 тыс. видов. Они ведут водный образ жизни (свободноплавающие или прикрепленные), обитают преимущественно в морях. Многие кишечнополостные имеют наружный скелет (чаще – известковый, реже – роговой). Тип кишечнополостных включает три класса: *Гидроидные полипы*, *Коралловые полипы*, *Сцифоидные медузы*. У представителей этого типа появляется четкая дифференцировка клеток, которые происходят из двух зародышевых листков – *эктодермы* и *энтодермы* (рис.25).

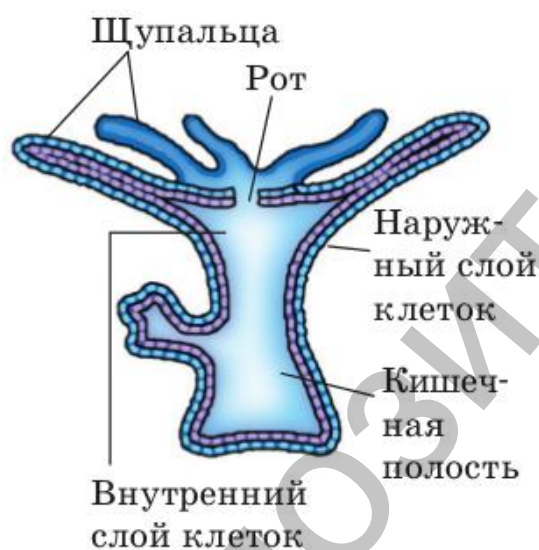


Рисунок 25 – Строение тела гидры.

образуют месторождения извести (коралловые полипы); отдельные виды являются жильем для морских животных («заросли»).

Следует отметить и отрицательное значение животных в природе: отдельные из них являются пищевыми конкурентами рыбам (при массовом размножении медуз).

Кишечнополостные имеют значение и для человека. В положительном отношении они представляют классический объект для изучения регенерации; используются в ювелирной промышленности (черные и красные

Несмотря на разнообразие представителей и значения типа кишечнополостных, общий план строения у этих животных одинаков: *подошва*, *стебелек* и *рот со щупальцами*.

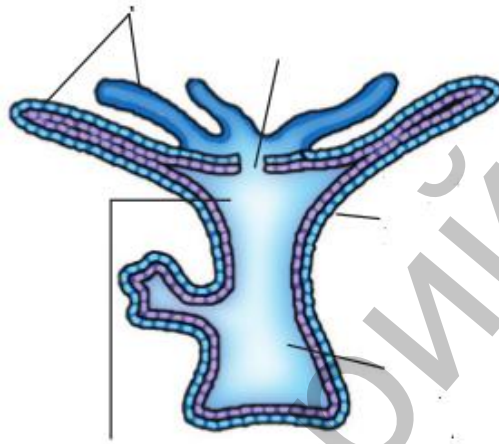
Размножаются половым и бесполом способами (почкование и стробиляция). Следует подчеркнуть феноменальную способность этих животных к *регенерации* – восстановлению утраченных частей тела.

Все кишечнополостные имеют разнообразное значение в природе и жизни человека. В природе кишечнополостные имеют положительное значение: принимают участие в образовании рельефа земной поверхности (риффы береговые, барьерные);

кораллы); отдельные виды используются как пищевой продукт (медузы). Следует отметить и отрицательную роль кишечнополостных: рифы затрудняют прохождение судов; отдельные представители вызывают сильные ожоги кожи.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. В чем отличия одноклеточных животных от многоклеточных?
2. Обозначьте строение тела гидры:



## ТЕМА 12 ЧЕРВИ

1. Характеристика типа Плоские черви.
2. Характеристика типа Кольчатые черви.
3. Характеристика типа Круглые черви.

### 1. Характеристика типа Плоские черви

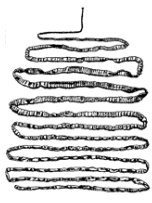
*Тип Плоские черви* представлен более 12000 видами примитивными многоклеточными трехслойными животными, имеющими определенное значение.

*Сосальщики* разрушают желудочные ходы печени; снижают жизне- способность, приводят к гибели, повреждают слизистую оболочку тонкой кишки; *ленточные черви* поглощают питательные вещества хозяина, зара- жают животных и человека, выделяют токсины; *ресничные черви* – хищни- ки, питаются мелкими водными обитателями. *Плоские черви* имеют более сложную многоклеточную, трехслойную организацию: мезодерму и ее производные; тело двустороннесимметричное – кожно-мускульный мешок с внутренней паренхимой; нервная система состоит из боковых нервных стволов с нервными узлами в головной части; пищеварительная система – из переднего и среднего отделов; постоянные половые железы. Особенно- сти класса плоских червей представлены в таблице 9.

Таблица 9

#### Отличительные особенности классов Плоские черви

| Систематические группы                          | Представители                                                                                         | Среда обитания, спо- соб жизни, передви- жения                          | Особенности внешнего и внутреннего строения и развития                                                                             |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Класс Реснич- ные черви, или Турбеллярии</b> | Белая планария<br> | Свободно живущие, водные животные; пе- редвигаются с помо- щью ресничек | Строение типичное для плоских червей, кишеч- ник примитивный; впер- вые появились органы выделения – протонеф- ридии; гермофродиты |
| <b>Класс Сосаль- щики</b>                       | Печеночный сосальщик                                                                                  | Во внутренних орга- нах животных; пара- зиты                            | Упрощение организации выражается в редукции органов чувств и упро- щении нервной системы, анаэробная среда само- оплодотворения    |

|                       |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                                        | <p>Схема жизненного цикла печеночного сосальщика</p> <pre>         graph LR             A(яйцо в воде) --&gt; B(личинка в теле прудовика)             B --&gt; C(свободно-плавающая личинка)             C --&gt; D(личинка на траве в состоянии цисты)             D --&gt; E(взрослая форма в теле хозяина в печени)             E --&gt; A           </pre>                 |                                                                                            |
| Класс Ленточные черви | Широкий лентец<br>Бычий цепень<br><br> | Обитают в организмах животных и человека                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Отсутствует кишечник, органы чувств. Тело состоит из большого числа члеников. Гермафродиты |
|                       |                                                                                                                         | <p>Схема жизненного цикла бычьего цепня</p> <pre>         graph LR             A(взрослый червь) --&gt; B(яйцо во внешней среде)             B --&gt; C(Из нее в пищеварительный тракт животных)             C --&gt; D(личинка в мышцах превращается в финну)             D --&gt; E(С плохо прожаренным мясом – в организм человека)             E --&gt; A           </pre> |                                                                                            |

## 2. Характеристика типа Кольчатые черви

*Тип Кольчатые черви.* Представители этого типа (около 8000 видов) имеют более сложную организацию, нежели все типы червей, рассмотренные ранее. Их *отличия*: тело состоит из сегментов, появление вторичной полости тела (целом), кровеносной и дыхательной систем, усложнение нервной, пищеварительной систем, примитивные конечности (параподии). Кольчатые черви играют большую роль в природе: обогащают почву перегноем, улучшают воздушный и водный режим почв, являются пищей для рыб и крабов. В жизни человека кольчатые черви используются в пищевых и медицинских целях.

Представители классов кольчатые черви имеют отличительные особенности (таблица 9.).

Таблица 10

### Отличительные особенности классов типа Кольчатые черви

| Систематические группы, число видов | Представители                                                                                             | Среда обитания, образ жизни                   | Особенности внешнего и внутреннего строения                                                                                     |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Класс Малощетинковые (Олигохеты)    | Дождевой червь<br><br> | Обитают в почве; на дне пресноводных водоемов | Тело покрыто кутикулой. Мышцы: кольцевые, продольные; впервые – кровеносная система – замкнутая, дыхание всей поверхностью тела |

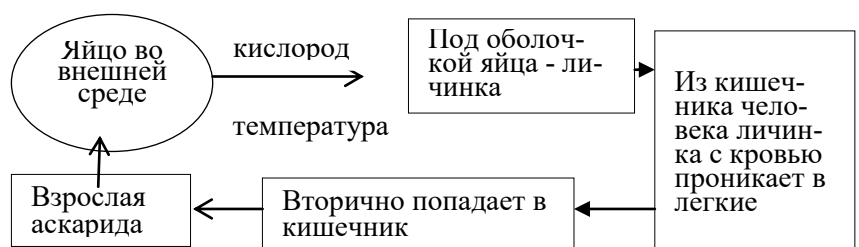
|                                  |                                                                                                             |                                                                                     |                                                                                                                                                       |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Класс Многощетинковые (Полихеты) | <p>Пескожил</p>            | Почти все полихеты живут в морях; ведут активный, подвижный или сидячий образ жизни | Сегменты тела имеют боковые выросты – параподии; дышат всей поверхностью тела, жабрами; чаще раздельнополые                                           |
| Класс Пиявки                     | <p>Медицинская пиявка</p>  | Большинство – пресноводные организмы                                                | Тело плоское с двумя присосками; питаются кровью и тканевой жидкостью животных; слюнные железы вырабатывают гирудин, препятствующий свертыванию крови |

### 3. Характеристика типа Круглые черви

*Тип Круглые черви.* Это самый крупный класс, насчитывающий более 20000 видов животных. Они заселили практически все экологические ниши: их можно встретить в любых водоемах, в почве всех материков, паразитируют на растениях, животных и человеке и имеют отличительные особенности, представлены в таблице 11.

Таблица 11

#### Отличительные особенности класса круглые черви

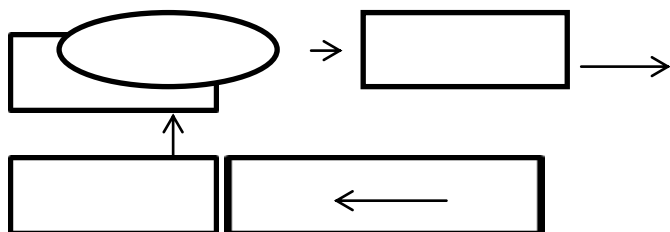
| Систематические группы, число видов                                                                                                                    | Представители                                                                                                    | Особенности внешнего и внутреннего вида                                                                                | Роль в природе, значение                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Класс Круглые черви (Нематоды)                                                                                                                         | <p>Аскарида человеческая</p>  | У аскариды тело нечленистое, вытянутое, круглое на поперечном сечении; трехслойное. Половое, оплодотворение внутреннее | Паразитируют на растениях, животных, в организмах людей. |
|  <p>Отравляет организм человека токсическими продуктами обмена</p> |                                                                                                                  |                                                                                                                        |                                                          |

В связи с этим необходимо знать и соблюдать *систему мер борьбы с представителями* этого типа: 1) гигиена рук, продуктов питания, предме-

тов домашнего обихода и жилых помещений; 2) термическая обработка рыбы, мяса диких и домашних животных; 3) борьба с насекомыми-переносчиками; 4) охрана водоемов, пастбищ от загрязнений фекалиями человека и животных.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Заполните схему жизненного цикла печеночного сосальщика:



2. Перечислите основных представителей типа Кольчатые черви.

3. Выделите особенности внешнего и внутреннего вида аскариды человеческой.

## ТЕМА 13 МОЛЛЮСКИ

### 1. Характеристика и разнообразие классов Моллюски.

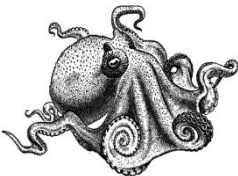
#### 1. Характеристика и разнообразие классов Моллюски

*Тип моллюски.* К этому классу относится около 130 000 видов со следующими *прогрессивными изменениями*: образование нервных узлов в отделах тела; появление сердца, пищеварительных желез; слияние сегментов в отделы тела. Тип моллюски представлен тремя классами: брюхоногие, головоногие, двустворчатые. Представители классов этого типа имеют отличительные особенности, которые отображены в таблице 12.

Таблица 12

**Отличительные особенности классов моллюски**

| Систематические группы, представители                                                                                                                                      | Среда обитания, образ жизни                                                                                                                   | Особенности внешнего и внутреннего строения; размножение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Роль в природе, значение                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Класс Брюхоногие</b><br>Большой прудовик.<br>Виноградная улитка, слизни, катушка<br> | Обитают в морях, некоторые на суше или в пресных водах. Движение осуществляется сокращением мускулатуры; ноги – ползание; плавное и медленное | Тело продолговатое, выпуклое на спинной стороне, у большинства имеется раковина; асимметричность строения. Системы органов: Пищеварительная (ротовая полость, глотка с «теркой», пищевод, желудок, кишечник). Кровеносная система (сердце, сосуды) незамкнутая. Дыхание легочное.<br>Гермафродиты: половые железы – и яйцеклетки, и сперматозоиды; перекрестное оплодотворение; развитие прямое | Ряд видов брюхоногих служат промежуточными хозяевами для сосальщиков. Имеют хозяйственное значение: употребляются в пищу. Некоторые являются вредителями сельскохозяйственных культур. Среди морских – паразитические формы с абсолютной редукцией многих органов |
| <b>Класс Двустворчатые</b><br>Перловица, беззубка<br>                                   | Наибольшая часть видов обитает в морях и океанах; меньшая – в пресных водоемах                                                                | Тело двусторонне-симметричное, покрыто раковиной, состоящей из двух створок, соединенных между собой связкой и мышцами                                                                                                                                                                                                                                                                          | Источники жемчуга и перламутра; употребляются в пищу; мидии, устрицы, гребешок. Разрушает суда, сваи – корабельный червь                                                                                                                                          |

|                                                                                                                                                     |                                                  |                                                                                                                                            |                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Класс Головоногие</b><br/>Кальмар, осьминог, каракатица</p>  | <p>Обитают в морях и океанах</p>                 | <p>Хорошо развита голова со сложно устроенными глазами и мозгом. Раковина редуцирована. Нога видоизменена до щупалец. Дыхание жаберное</p> | <p>Источники питания для рыб и млекопитающих. Съедобные – объекты промысла</p> |
| <p><b>Класс Двустворчатые моллюски</b><br/>Жемчужница обыкновенная</p>                                                                              | <p>Обитают в чистых проточных реках и ручьях</p> | <p>Тело двусторонне-симметричное, покрыто раковинной, состоящей из двух створок, соединенных между собой связкой и мышцами</p>             | <p>Запрет всех видов хозяйственной деятельности</p>                            |

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Перечислите основные классы Моллюсков. Назовите их представителей.
2. Продолжите фразу: «Кальмары, осьминоги, каракатицы обитают...»

## ТЕМА 14 ЧЛЕНИСТОНОГИЕ

1. Общая характеристика типа Членистоногие.
2. Характеристика класса Ракообразные.
3. Характеристика класса Паукообразные.
4. Характеристика класса Насекомые.

### 1. Общая характеристика типа Членистоногие

Тип Членистоногие делится на три класса: *ракообразные*, *паукообразные*, *насекомые*. Представители этого типа имеют особенности, которые представлены в виде таблицы (табл. 12).

Таблица 12

#### Отличительные особенности классов типа Членистоногие

| Признаки       | Ракообразные                                                                       | Паукообразные                                                                      | Насекомые                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Представитель  |  |  |                                                                                                                         |
| Численность    | 25 тыс. видов                                                                      | 36 тыс. видов                                                                      | 1 – 1,5 млн. видов                                                                                                                                                                                         |
| Образ жизни    | Водные (морские и пресноводные)                                                    | Водные и наземные                                                                  | Водные и наземные                                                                                                                                                                                          |
| Отделы тела    | Головогрудь, брюшко                                                                | Головогрудь, брюшко соединяются стебельками                                        | Голова, грудь, брюшко соединены подвижно                                                                                                                                                                   |
| Конечности     | Ходильные – 5 пар<br>Брюшные – 5-6 пар                                             | Ходильные – 4 пары                                                                 | Типы конечностей насекомых:<br><i>Бегательные</i> (тараканы);<br><i>Прыгательные</i> (саранча);<br><i>Плавательные</i> (жук-плавунец);<br><i>Копательные</i> (медведка);<br><i>Собираательные</i> (пчела)  |
| Ротовые органы | Верхняя челюсть – жвалы, нижняя – максиллы                                         | Верхняя челюсть – хелицеры, нижняя – педипальпы                                    | Ротовой аппарат разного типа:<br><i>Грызущий</i> (тараканы, жуки);<br><i>Колюще-сосущий</i> (клопы, тли, комары);<br><i>Сосущий</i> (бабочки);<br><i>Лакающий</i> (шмели, пчелы);<br><i>Лижущий</i> (мухи) |

Но в то же время среди большего разнообразия представителей типа членистоногих можно выделить их *общие характерные признаки*:

1. Тело сегментировано. Сегменты образуют отделы: голову, грудь и брюшко. Конечности состоят из члеников.
  2. Покровы представлены кожным эпителием, выделяющим многослойную кутикулу (является наружным скелетом). Прочность ей придает вещество хитин. К кутикуле крепятся мышцы, она же защищает животных от механических и химических воздействий.
  3. Мышечная система представлена отдельными пучками мышц, что позволяет совершать сложные движения.
  4. Пищеварительная система состоит из передней кишки: глотка, пищевод, зоб, мускулистый желудок (служит для перетирания пищи); средней кишки (место переваривания и всасывания пищи); задней кишки, анальное отверстие.
  5. Кровеносная система незамкнутая. Сердце окружено сердечной сумкой (участок вторичной полости тела). Сердце расположено на спинной стороне тела.
  6. Дыхательная система имеет различные особенности. Водные виды имеют жабры. Наземные виды имеют трахеи и легочные мешки. Легочные мешки характерны для скорпионов и представляют собой видоизмененные конечности. Трахеи представляют собой разветвленную сеть каналов, пронизывающих все тело. По ним воздух пассивно поступает к тканям и органам. Кровеносная система у трахейнодышащих практически не участвует в процессе дыхания.
  7. Выделительная система у каждого вида разнообразная: у ракообразных представлена выделительными тельцами, у паукообразных и насекомых представлена мальпигиевыми сосудами (трубковидные выросты средней или задней кишки).
  8. Нервная система представлена окологлоточным нервным кольцом, брюшной нервной цепочкой. Сильно развит надглоточный нервный ганглий. Формируются сложные органы чувств, и значительно усложняется поведение.
  9. Половая система. Размножение только половое. Большинство видов раздельнополы. Для некоторых видов характерен партеногенез (яйца развиваются без оплодотворения). Женская половая система представлена парными яичниками, мужская – парными семенниками.
- Членистоногие играют огромную роль в природе и жизни человека (табл.13).

Таблица 13

**Значение членистоногих в природе и жизни человека**

| Класс | Ракообразные                                                                         | Паукообразные                                                            | Насекомые                                                                                     |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | Очищают воду;<br>Принимают участие в цепях питания<br>(рыбы, китообразные, циклопы); | Регулируют численность насекомых;<br>Укусы опасны для лошадей, человека; | В природе:<br>опыляют растения;<br>являются санитарами;<br>принимают участия в цепях питания. |

|  |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Промысел ( <i>омары, крабы, лангусты, речной рак, креветки</i> );<br>Морские ракообразные используются для приготовления белковой пасты ( <i>циклопы, ленточные черви</i> ). | Паразитируют на животных и человеке, вызывают различные заболевания ( <i>клещи</i> );<br>Пища для птиц, ящериц, лягушек. | в жизни человека: продукт для изготовления лекарственных препаратов и текстильной промышленности ( <i>тутовый, дубовый шелкопряд</i> ); продукт питания; возбудители заболеваний; лабораторный объект ( <i>дрозофила</i> ); одомашненные насекомые ( <i>медоносная пчела – мед, воск; тутовый шелкопряд – шелк, нить</i> ) |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 2. Характеристика класса Ракообразные

Численность составляет 25 тыс. видов. Это водные животные (морские и пресноводные). Отделы тела: головогрудь и брюшко. Конечности состоят из 5 ходильных пар и 5-6 брюшных пар. Ротовые органы представлены: верхняя челюсть – жвалы, нижняя челюсть – максиллы. Представители классов этого типа имеют отличительные особенности, которые отображены в таблице 14.

Таблица 14

### Класс Ракообразные

| Класс        | Представители   | Среда обитания | Роль в природе, значение                                   |
|--------------|-----------------|----------------|------------------------------------------------------------|
| Ракообразные | Широкополый рак | Чистые водоемы | Организация озерных заказников, борьба с загрязнением воды |

## 3. Характеристика класса Паукообразные

Численность составляет 36 тыс. видов. Это водные и наземные животные. Отделы тела: головогрудь, брюшко соединяются стебельками. Конечности состоят из 4 ходильных пар. Ротовые органы представлены: верхняя челюсть – хелицеры, нижняя челюсть – педипальпы.

## 4. Характеристика класса Насекомые

Численность составляет 1 – 1,5 млн. видов. Это водные и наземные животные. Отделы тела: голова, грудь, брюшко соединены подвижно. Типы конечностей разнообразные: бегательные – тараканы; прыгательные – саранча; плавательные – жук-плавунец; копательные – медведка; собирательные – пче-

ла. Ротовой аппарат разного типа: грызущий – тараканы, жуки; колюще-сосущий – клопы, тли, комары; сосущий – бабочки; лижущий – мухи.

Среди большого разнообразия представителей типа членистоногих можно выделить их *общие характерные признаки*:

1. Тело сегментировано. Сегменты образуют отделы: голову, грудь и брюшко. Конечности состоят из члеников.

2. Покровы представлены кожным эпителием, выделяющим многослойную кутикулу (является наружным скелетом). Прочность ей придает вещество хитин. К кутикуле крепятся мышцы, она же защищает животных от механических и химических воздействий.

3. Мышечная система представлена отдельными пучками мышц, что позволяет совершать сложные движения.

4. Пищеварительная система состоит из передней кишки: глотка, пищевод, зоб, мускулистый желудок (служит для перетирания пищи); средней кишки (место переваривания и всасывания пищи); задней кишки, анальное отверстие.

5. Кровеносная система незамкнутая. Сердце окружено сердечной сумкой (участок вторичной полости тела). Сердце расположено на спинной стороне тела.

6. Дыхательная система имеет различные особенности. Водные виды имеют жабры. Наземные виды имеют трахеи и легочные мешки. Легочные мешки характерны для скорпионов и представляют собой видоизмененные конечности. Трахеи представляют собой разветвленную сеть каналов, пронизывающих все тело. По ним воздух пассивно поступает к тканям и органам. Кровеносная система у трахейнодышащих практически не участвует в процессе дыхания.

7. Выделительная система у разных видов разнообразная: у ракообразных представлена выделительными тельцами, у паукообразных и насекомых представлена мальпигиевыми сосудами (трубковидные выросты средней или задней кишки).

8. Нервная система представлена окологлоточным нервным кольцом, брюшной нервной цепочкой. Сильно развит надглоточный нервный ганглий. Формируются сложные органы чувств, и значительно усложняется поведение.

9. Половая система. Размножение только половое. Большинство видов раздельнополы. Для некоторых видов характерен партеногенез (яйца развиваются без оплодотворения). Женская половая система представлена парными яичниками, мужская – парными семенниками.

Членистоногие играют огромную роль в природе и жизни человека.

Так, ракообразные, очищают воду; принимают участие в цепях питания (рыбы, китообразные, циклопы); являются промысловыми (омары, крабы, лангусты, речной рак, креветки); морские ракообразные используются для приготовления белковой пасты (циклопы).

Паукообразные регулируют численность насекомых; их укусы опасны для лошадей и человека; паразитируют на животных и человеке, вызы-

вают различные заболевания (клещи); многие представители являются пищей для птиц, ящериц, лягушек.

Насекомые в природе опыляют растения; являются санитарами; принимают участие в цепях питания. В жизни человека насекомые играют определенную роль: являются продуктом для изготовления лекарственных препаратов и текстильной промышленности (тутовый и дубовый шелкопряд), для питания; ряд насекомых являются возбудителями заболеваний; отдельные из них являются лабораторными объектами (дрозофила); некоторые стали одомашненными (медоносная пчела – мед, воск), тутовый шелкопряд (шелковая нить).

Среди огромного разнообразия представителей типа членистоногих самым многочисленным является *класс Насекомые* (Таблица 15).

Таблица 15

### Класс Насекомые

| Класс     | Представители              | Среда обитания                                                | Роль в природе, значение                                         |
|-----------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Насекомые | Аполлон                    | Сухие боры, солнечные и сухие поляны                          | Выявление мест проживания, изучение биологии вида                |
|           | Жук-олень                  | Старые дубравы                                                | Охрана мест обитания, изучение экологии                          |
|           | Шмель моховой              | Пойменные луга                                                | Охрана мест гнездования                                          |
|           | Красотка блестящая         | По берегам рек, ручьев, личинки – среди водной растительности | Охрана водоемов, пропаганда охраны                               |
|           | Жужелица шагреневая        | Леса разных типов                                             | Целенаправленное расселение, пропаганда охраны                   |
|           | Плавунец широчайший        | Большие стоячие водоемы                                       | Изучение биологии вида                                           |
|           | Павлиний глаз малый ночной | Верховые болота, лиственные леса                              | Выявление новых мест обитания, запрет хозяйственной деятельности |
|           | Махаон                     | Лесные поляны, высечки, суходольные пойменные луга            | Охрана мест обитания                                             |

*Энтомология* – наука, занимающаяся изучением насекомых.

*Насекомые* освоили практически все оболочки биосферы – *гидросферу*, верхнюю часть *литосферы* и даже нижние слои *атмосферы*. Это единственные беспозвоночные, которые имеют крылья и способны к активному полету, а также большое количество адаптаций к разным условиям обитания (рис.26).

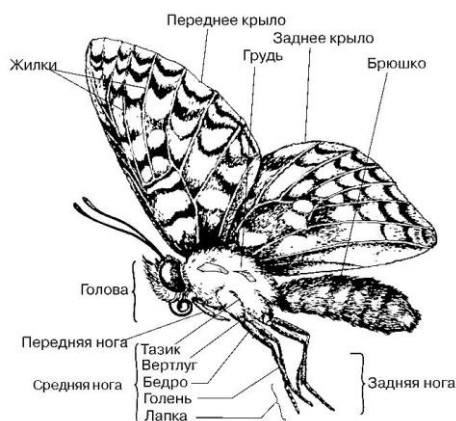


Рисунок 26 – Внешнее строение бабочки.

Заслуживает отдельного внимания процесс *развития* насекомых. Он может проходить двумя способами:

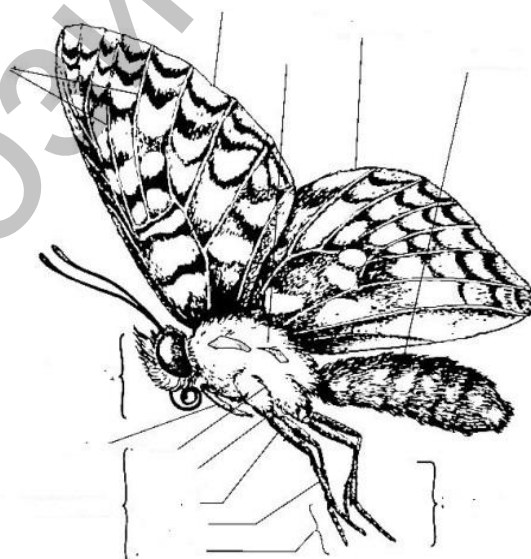
1. Полное превращение (метаморфоз): *яйцо – личинка – куколка – взрослое насекомое (имаго)*. Основные отряды насекомых с *полным превращением*: жуки-листоеды, жужелицы, плавунцы), чешуекрылые (различные бабочки), перепончатокрылые (пчелы, муравьи, осы, шмели, наездники), двукрылые (мухи, комары).

2. Неполное превращение (без метаморфоза): *яйцо – личинка – взрослое насекомое (имаго)*.

Основные отряды насекомых с *неполным превращением*: стрекозы (лютики, красотки, стрелки, бабки, коромысла), прямокрылые (кузнечики, саранча, сверчки), равнокрылые (тли, цикады, пенницы), клопы (водяные клопы, постельный клоп).

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Перечислите характерные признаки типа Членистоногие.
2. Чем представлены ротовые органы широкополого рака?
3. Продолжите фразу: «Отделы тела паукообразных – это...»
4. Обозначьте внешнее строение тела бабочки:



## ТЕМА 15

### ТИП ХОРДОВЫЕ

1. Общая характеристика Типа Хордовых.
2. Общая характеристика надкласса Рыбы.
3. Общая характеристика класса Земноводные.

#### 1. Общая характеристика Типа Хордовых

Объединяет более 40 тыс. видов высокоорганизованных, очень разнообразных по внешнему строению, виду, образу жизни и условиям обитания животных. В качестве временных или постоянных обитателей они освоили сушу, водное и воздушное пространство.

Несмотря на очевидное различие и непохожесть друг на друга, всех хордовых объединяют *общие черты организации*:

1. Осевой скелет. У всех хордовых на протяжении всей жизни или на отдельных стадиях развития присутствует хорда – упругий хрящевой стержень, необходимый для поддержания постоянной формы тела.

2. Центральная нервная система имеет вид трубки, лежащей над хордой с полостью внутри. Нервная система имеет эктодермальное происхождение. Передний конец нервной трубки у зародышей позвоночных расширяется в виде пузырей и у взрослых особей преобразуется в мозг.

3. Глотка. Имеются жаберные щели. У водных они сохраняются всю жизнь, а у наземных видов – только на отдельных стадиях зародышевого развития.

4. Кровеносная система замкнутая. Сердце располагается на брюшной стороне тела.

К типу хордовых относится *надкласс (рыбы) и 4 класса (земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие)* животных.

#### 2. Общая характеристика надкласса Рыбы

*Ихтиология* – наука, занимающаяся изучением рыб.

Современных рыб известно около 25 тыс. видов. Среда обитания – *водная*, но большинство живут в морской воде. В связи с этим у представителей этого класса в процессе эволюции появились определенные *приспособления*: 1) обтекаемая форма тела; 2) тело покрыто чешуей; 3) органы дыхания – жабры; 4) рот вооружен подвижными челюстями; 5) парные конечности представлены плавниками; 6) двухкамерное сердце, один круг кровообращения; 7) наличие гидростатического органа – плавательного пузыря и боковой линии; 8) размножение икротетанием, живорождением.

Во внешнем строении рыбы можно выделить следующие черты (рис.27).



Рисунок 27 – Внешнее строение рыбы.

Надкласс Рыбы имеет сложную характеристику и подразделяется на следующие отряды:

1. *Хрящевые* (акулы, скаты). Хрящевой скелет сохраняется на протяжении всей жизни. Чешуя плакоидная (в виде зубчиков). Жаберные крышки отсутствуют; жаберных щелей 5–7. Хвостовой плавник неравнолопастный (верхняя лопасть больше). Оплодотворение внутреннее. Размножаются откладкой яиц или яйцеживорождением.

2. *Костные* (осетрообразные, сельдеобразные, лососеобразные, карпообразные). Скелет хрящевой или костный. Хрящевой скелет укреплен накладными костными пластинами. Костная чешуя расположена черепацеобразно. Имеются жаберные крышки, и плавательный пузырь. Оплодотворение чаще всего наружное.

Представители данного надкласса играют большую роль в природе и в жизни человека: участвуют в цепях питания и круговороте веществ; являются подкормкой для растений и животных, продуктом питания для человека, сырьем для пищевой промышленности, производства витаминов и рыбьего жира, имеют большое эстетическое значение. Представители данного надкласса представлены в таблице 16.

## Краткий систематический обзор надкласса Рыбы

| Класс    | Отряд          | Краткая характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Хрящевые |                | Хрящевой скелет сохраняется на протяжении всей жизни. Чешуя плакоидная (в виде зубчиков). Жаберные крышки отсутствуют; жаберных щелей 5-7. Хвостовой плавник не- равнолопастный (верхняя лопасть больше). Оплодотворение внутреннее. Размножаются откладкой яиц или яйцеживорождением. |
|          | Акулы          | Активные хищники (за редким исключением). Имеют торпедообразную форму тела. Зубы и чешуя имеют одинаковое строение. Крупные формы (например, китовая акула) питаются планктоном.                                                                                                       |
|          | Скаты          | В отличие от акул сплюснены в спинно-брюшном направлении. Грудные плавники сильно увеличены. Жаберные щели располагаются с брюшной стороны. Хищники: питаются рыбой и донными животными.                                                                                               |
| Костные  |                | Скелет хрящевой или костный. Хрящевой скелет укреплен накладными костными пластинами. Костная чешуя, расположенная черепицеобразно. Имеются жаберные крышки. Имеется плавательный пузырь. Оплодотворение чаще всего наружное.                                                          |
|          | Осетрообразные | Древние костные рыбы. Скелет хрящевой с костными пластинами. Чешуя в виде пяти рядов костных ромбических пластин. Ценные промысловые рыбы. Например, белуга, севрюга, стерлядь.                                                                                                        |
|          | Сельдеобразные | Морские стайные рыбы. Обитают чаще всего вблизи берегов. Многие являются промысловыми видами: анчоусы, кильки, сардины, атлантическая сельдь.                                                                                                                                          |
|          | Лососеобразные | Проходные (обитают в морях, а на нерест приплывают в реки) или пресноводные рыбы. На спинной стороне имеется жировой плавник (без костных лучей). Являются ценными промысловыми рыбами: кета, горбуша, семга. Ручьевая форель разводится в прудах.                                     |
|          | Карпообразные  | Объединяет пресноводных рыб, не имеющих челюстных зубов. Пища перетирается глоточными зубами. Некоторые карпообразные составляют основу прудового хозяйства: карп, серебряный карась, линь, толстолобики.                                                                              |
|          | Двоякодышащие  | Обитают в условиях пересыхающих водоемов Африки, Австралии и Южной Америки. Кроме жабер имеют одно или два легких (полые выросты брюшной стенки пищевода). Легкие сообщаются с окружающей средой через                                                                                 |

|                        |                                                                                                                                                                                  |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | сквозные ноздри. Представители: африканские протоптерусы, австралийский рогозуб, американский чешуйчатник.                                                                       |
| Надотряд<br>Кистеперые | Парные плавники имеют мясистую лопасть, скелет которой имеет строение сходное с конечностями наземных позвоночных. В настоящее время известен один вид: латимерия, или целакант. |

### 3. Общая характеристика класса Земноводные

*Батрахология* – наука, занимающаяся изучением земноводных (амфибий). Насчитывает около 26 тысяч видов, наиболее примитивных наземных или вторично водных позвоночных животных. Представители данного класса представлены в таблице 15.

Таблица 17

Класс Земноводные

| Класс       | Представители  | Среда обитания                                          | Роль в природе, значение         |
|-------------|----------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Земноводные | Камышовая жаба | Хвойные леса, дюны, луга, обочины полей, огороды, парки | Охранный режим в местах обитания |

Первыми из позвоночных животных вышли из воды на сушу, но не утратили связи с *водной средой* (в ней происходит размножение и развитие). В связи с этим у земноводных появилось *ряд приспособлений* к обитанию на суше: 1) сложное строение глаз, органов слуха, органов обоняния; 2) развитые пятипалые конечности; 3) легочное и кожное дыхание; 4) сердце трехкамерное, два круга кровообращения; 5) развитая мускулатура

конечностей; 6) усложнение строения нервной системы – сильно развит передний отдел головного мозга.

Во внешнем строении бесхвостого земноводного (на примере лягушки) можно выделить следующие части тела (рис.28).



Рисунок 28 – Внешнее строение земноводного.

Класс Земноводные включает в себя 3 отряда: отряд Бесхвостые (лягушки и жабы), отряд Хвостатые (тритоны, протеи, саламандры), отряд Безногие (кольчатые черви).

В развитии лягушки выделяют несколько циклов (рис.29).

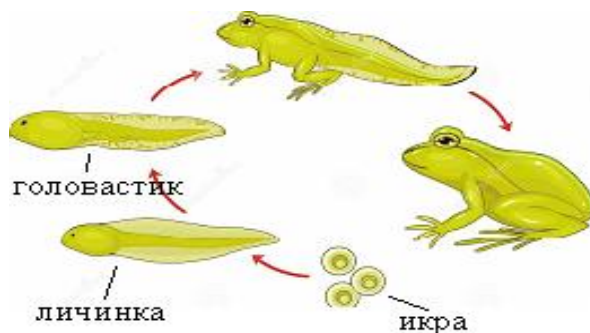


Рисунок 29 – Цикл развития лягушки.

Класс Земноводные играет определенную роль в природе и в жизни человека: земноводные участвуют в цепях питания, влияют на численность насекомых и моллюсков; используются как лабораторные животные в научных исследованиях; уничтожают мальков рыб в прудах и на нересте; используются в пищу (Франция, Германия); были первыми испытателями в космических полетах. Во Франции и Японии в честь земноводных сооружены памятники.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Раскройте значение понятий «Ихтиология», «Батрахология».
2. Выделите общие черты организации типа Хордовые.
3. Перечислите приспособления рыб к водной среде обитания.
4. Обозначьте внешнее строение лягушки:



## ТЕМА 16

### КЛАСС ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ

#### 1. Общая характеристика класса Пресмыкающихся.

##### 1. Общая характеристика класса Пресмыкающихся

*Герпетология* – наука, занимающаяся изучением пресмыкающихся (рептилий).

Этот класс *высших позвоночных животных* насчитывает около 6 тысяч видов разнообразных по форме тела (ящерицеобразная, змеевидная, черепахообразная), величине (несколько сантиметров и более 2 метров), местами обитания (широты с тропическим и субтропическим климатом, северные районы). Типичными представителями являются: *ящерицы, змеи, крокодилы, черепахи*.

*Рептилии* – это первые *наземные позвоночные животные*, способные размножаться без внешних источников воды. При достаточно разнообразном внешнем строении пресмыкающихся существует ряд *типичных приспособлений*: 1) тело подразделяется на голову, шею, туловище, хвост; произошло усложнение скелета и мускулатуры; 2) кожные покровы толстые, сухие, покрытые чешуями и щитками; 3) окраска тела покровительственная; 4) температура тела непостоянная, так как способность к терморегуляции невелика; 5) органы дыхания – легкие; 6) более сложная организация пищеварительной, нервной, выделительной систем; 7) совершенные органы чувств; 8) раздельнополые животные, размножаются откладыванием яиц.

Во внешнем строении пресмыкающихся (на примере ящерицы) выделяют следующие части тела (рис.30).

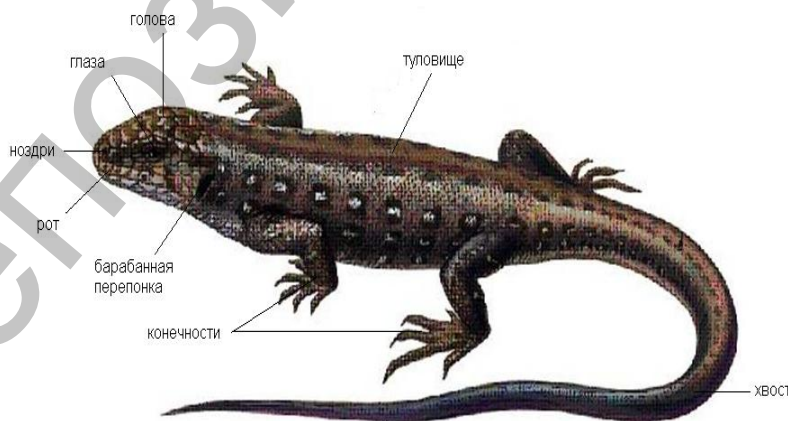


Рисунок 30 – Внешнее строение ящерицы.

Отряды класса Пресмыкающихся представлены следующими таксономическими единицами: *отряд Чешуйчатые* (ящерицы, змеи, хамелеоны), *отряд Крокодилы*, *отряд Черепахи*.

Класс Пресмыкающихся играют значительную роль в природе и в жизни человека: влияют на численность грызунов и насекомых; являются источником пищи для других животных; используются для получения лекарственного сырья (яд змей), как источник питания; кожа крокодилов используется в кожевенной промышленности. Представители данного класса представлены в таблице 18.

Таблица 18

### Класс Пресмыкающиеся

| Класс          | Представители     | Среда обитания                                | Роль в природе, значение                                          |
|----------------|-------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Пресмыкающиеся | Болотная черепаха | Болота, озера, сажалки, мелиорационные каналы | Создание заказников, охрана природных водоемов, пропаганда охраны |

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Перечислите основные таксономические единицы класса Пресмыкающихся.
2. Выделите типичные приспособления основных представителей рептилий.
3. Обозначьте значение рептилий в природе и в жизни человека.

## ТЕМА 17 КЛАСС ПТИЦЫ

### 1. Общая характеристика класса Птиц.

#### 1. Общая характеристика класса Птиц

*Орнитология* – наука, занимающаяся изучением птиц. Фауна птиц насчитывает около 8000 видов. Птицы весьма своеобразный класс *высших позвоночных животных*, которые освоили воздушную среду. Поэтому внешнее и внутреннее строение птиц подчинено *способности к полету*: 1) обтекаемая форма тела; 2) облегченная масса тела, за счет тонких и прочных костей; 3) тело покрыто перьями; 4) отсутствие зубов; 5) наличие крыльев; 6) постоянная высокая температура тела; 7) развитые грудные мышцы; 8) отсутствует мочевой пузырь; 9) дыхание – губчатыми легкими, тип дыхания – двойной; 10) острое зрение; 11) высокое развитие нервной системы; 12) размножение яйцами; 13) выражена забота о потомстве.

Во внешнем строении птиц выделяют следующие части тела (рис.31).

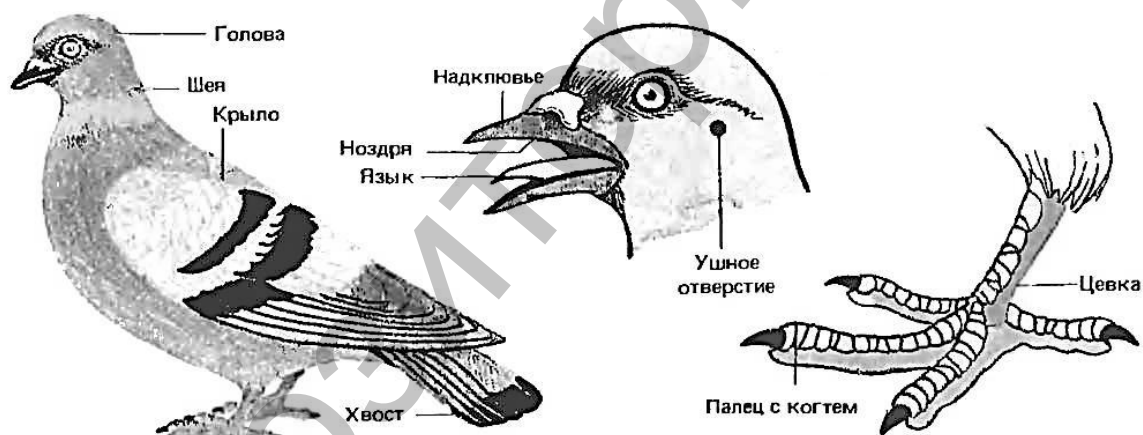


Рисунок 31 – Внешнее строение птиц.

Класс птиц очень разнообразен и включает около 400 отрядов.

Разнообразие птиц средней полосы состоит из таких отрядов как:

1. Аистообразные: большая белая цапля, серая цапля, большая выпь, кваква, белый аист, черный аист.
2. Гусеобразные: серый гусь, кряква, лебедь-шипун, лебедь-кликун, серая утка, обыкновенный гоголь.
3. Соколообразные: черный коршун, тетеревятник, перепелятник, канюк, беркут, сапсан, чеглок, кобчик, обыкновенная пустельга.
4. Ржанкообразные: малый зуек, чибис, гаршнеп, бекас, дупель, турухтан, вальдшнеп, перевозчик, озерная чайка, серебристая чайка, сизая чайка, речная крачка, черная крачка.

5. Дятлообразные: вертишейка, желна, большой пестрый дятел, средний дятел, белоспинный дятел.

6. Воробьинообразные: деревенская ласточка, воронок, береговая ласточка, лесной, полевой и хохлатый жаворонок, полевой и лесной конек, белая и желтая трясогузки, соловьиный и речной сверчок, славки, пеночки, камышовки, сойка, сорока, кедровка, галка, грач, серая ворона, ворон, зяблик, вьюрок, чиж, черноголовый щегол, снегирь, клест.

Класс Птиц играют огромную роль в природе и в жизни человека: 1) участвуют в цепях питания, круговороте веществ; 2) распространяют плоды и семена; 3) регулируют численность насекомых и грызунов; 4) истребляют вредных животных; 5) являются санитарами полей и огородов; 6) используются как предмет промысла и эстетического наслаждения; 7) пух и перья используются в промышленности; 8) дают высококачественные пищевые продукты (яйца, мясо, жир). Представители данного класса представлены в таблице 19.

Таблица 19

#### Класс Птицы

| Класс | Представители          | Среда обитания                                     | Роль в природе, значение                                            |
|-------|------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Птицы | Скопа                  | Верховые болота, озера                             | Пропаганда охраны, строительство основ для гнезд                    |
|       | Змееяд                 | Лесоболотные ландшафты                             | Охрана болот, создание запретных зон около гнезд                    |
|       | Беркут                 | Лесоболотные ландшафты                             | Запрет высежки леса, подкормка осенью и зимой, охрана болот         |
|       | Филин                  | Дубравы, орешники, смешанные леса                  | Запрет высежки леса, пропаганда охраны                              |
|       | Обыкновенная пустельга | Открытые просторы яров, окраины населенных пунктов | Организация заказников, запрет добычи                               |
|       | Малая чайка            | Озера, болота, заболоченные луга                   | Регулирование сроков выпаса животных и всех форм деятельности людей |

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Перечислите основные приспособления птиц к полету.
2. Назовите основных представителей класса Ржанкообразные.
3. Выделите значение птиц в жизни человека.

## ТЕМА 18

### КЛАСС МЛЕКОПИТАЮЩИЕ

1. Общая характеристика класса Млекопитающие.
2. Разнообразие Млекопитающих.

#### 1. Общая характеристика класса Млекопитающие

*Териология* – наука, изучающая млекопитающих (зверей). Насчитывает около 4500 видов.

Это наиболее *высокоорганизованная группа* высших позвоночных животных. Для них характерна высокоразвитая условно-рефлекторная и сложная поведенческая деятельность, что позволяет этим животным быстро приспосабливаться к изменяющимся условиям внешней среды и делает этот класс самым процветающим среди других позвоночных.

В связи с этим классу млекопитающих присущ *ряд приспособлений*: 1) живут практически во всех средах обитания; 2) тело покрыто шерстью; 3) кожа богата потовыми, сальными, молочными, пахучими железами; 4) развита способность к терморегуляции; 5) зубы дифференцированы на резцы, клыки и коренные; 6) высокое развитие центральной нервной системы; 7) четырехкамерное сердце, два круга кровообращения; 8) внутриутробное развитие плода, живорождение, выкармливание детенышей молоком, забота о потомстве.

Во внешнем строении млекопитающегося (на примере собаки) можно рассмотреть следующие части тела (рис.32).

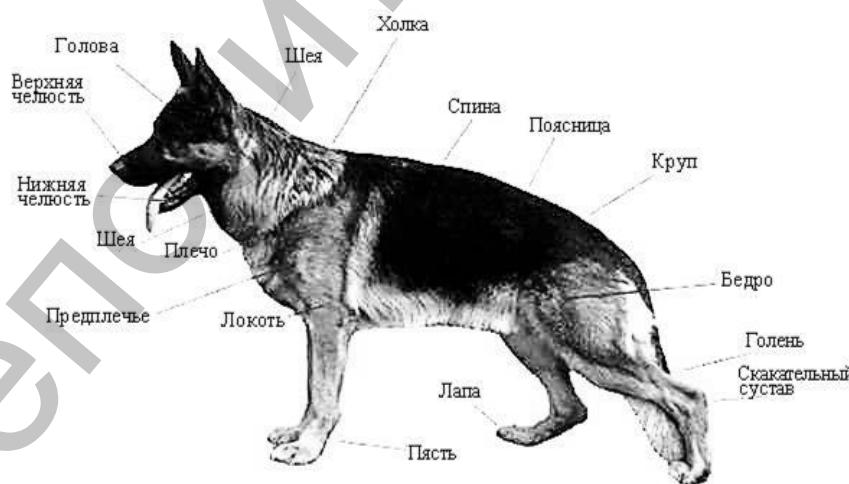


Рисунок 32 – Внешнее строение млекопитающего

Класс млекопитающих разнообразен и представлен различными систематическими группами:

1. Подкласс Первозвери или Однопроходные (ехидна, утконос).
2. Подкласс Настоящие звери, или Живородящие.

3. Низшие звери (отряд Сумчатые).

4. Высшие звери: отряд Насекомоядные; отряд Рукокрылые; отряд Грызуны; отряд Зайцеобразные; отряд Хищные; отряд Ластоногие; отряд Китообразные; отряд Парнокопытные; отряд Непарнокопытные; отряд Хоботные; отряд Приматы.

Значение млекопитающих в природе и жизни человека велико: используются как домашние животные; являются источниками продуктов питания и сырья для промышленности; грызуны – вредители уничтожают запасы зерна, наносят вред культурным растениям; распространители опасных заболеваний (чума, тиф и др.). Некоторые представители данного класса находятся под охраной и представлены в таблице 20.

Таблица 20

### Охраняемые млекопитающие

| Класс         | Представители        | Среда обитания                        | Необходимые меры охраны                                                                                                    |
|---------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Млекопитающие | Бурый медведь        | Лесные массивы                        | Организация заказников, запрет на охоту, исключить хозяйственную деятельность человека                                     |
|               | Малая вечерница      | Смешанные леса с дуплистыми деревьями | Выявление новых мест проживания, пропаганда охраны                                                                         |
|               | Обыкновенная лентяга | Смешанные леса с дуплистыми деревьями | Изучение биологии и экологии вида, отлов и отстрел запрещен                                                                |
|               | Барсук               | Леса, неподалеку от водоемов          | Специальные меры по охране                                                                                                 |
|               | Беловежский зубр     | Лиственные и смешанные леса           | Оценка генетического фонда популяции, улучшить содержание в Беловежской пуше, Припятском и Березинском национальных парках |

## 2. Разнообразие Млекопитающих

Таблица 21

### Разнообразие Млекопитающих

| Систематическая группа                       | Характеристика и некоторые представители                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подкласс<br>Первозвери, или<br>Однопроходные | Размножаются, откладывая яйца, которые либо насиживаются, либо вынашиваются в выводковой сумке. Молочные железы сосков не имеют. Имеются вороньи кости и клоака. <i>Ехидна, утконос.</i> |

| <i>Подкласс Настоящие звери, или Живородящие</i>                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Инфракласс Низшие звери</i>                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <i>Отряд Сумчатые</i>                                                                                                                                | Отсутствует или слабо развита плацента. Сильно недоношенный детеныш продолжительное время вынашивается в кожной сумке, прикрепившись к соску. Распространены в Австралии и на близлежащих островах. <i>Различные кенгуру, коала, опоссумы.</i> |
| <i>Инфракласс Высшие звери</i>                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <i>Отряд Насекомоядные</i>                                                                                                                           | Наиболее примитивные из высших зверей. У них слабо развита кора головного мозга. Зубы слабо дифференцированы. Питаются в основном насекомыми и их личинками. <i>Выхухоль, обыкновенный крот, обыкновенный еж.</i>                              |
| <i>Отряд Рукокрылые</i>                                                                                                                              | Способны к активному полету. Крылом является кожистая перепонка между длинными пальцами передней конечности и боками тела. Ведут сумеречный и ночной образ жизни. <i>Рыжая вечерница, большой подковонос, летучие собаки и летучие лисицы.</i> |
| <i>Отряд Грызуны</i>                                                                                                                                 | Из зубов наибольшее развитие получили резцы (у многих отряда растут всю жизнь). Клыки редуцированы. Чаще всего растительноядные или всеядные. <i>Обыкновенная белка, бурундук, динобраз, обыкновенный бобр, хомяк.</i>                         |
| <i>Отряд Зайцеобразные</i>                                                                                                                           | Имеются верхние сдвоенные резцы. Питаются только растительным кормом. <i>Заяц-беляк, заяц-русак, европейский дикий кролик, северная пищуха.</i>                                                                                                |
| <i>Отряд Хищные</i>                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Плотоядные или всеядные животные. Хорошо развиты клыки. Коренные зубы имеют острые режущие кромки. В поясе передних конечностей отсутствуют ключицы. |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <i>Семейство Волчьи</i>                                                                                                                              | Основой охоты этих хищников является долгое преследование добычи. <i>Лисица, волк, енотовидная собака.</i>                                                                                                                                     |
| <i>Семейство Кошачьи</i>                                                                                                                             | Охотятся из засады, нападая на добычу коротким броском. Когти втяжные. <i>Африканский лев, уссурийский тигр, леопард, гепард, пантера.</i>                                                                                                     |
| <i>Семейство Куньи</i>                                                                                                                               | Активные хищники, активны обычно в вечернее и ночное время. <i>Куница, соболь, горностай, ласка.</i>                                                                                                                                           |
| <i>Семейство Медвежьи</i>                                                                                                                            | Массивные животные с крупной головой. Являются всеядными. <i>Бурый медведь, белый медведь.</i>                                                                                                                                                 |
| <i>Отряд Ластоногие</i>                                                                                                                              | Живут в воде, на сушу выходят для размножения. Форма тела обтекаемая. Конечности преобразовались в ласты. <i>Морж, гренландский тюлень, нерпа, морские котики.</i>                                                                             |
| <i>Отряд Китообразные</i>                                                                                                                            | Водные млекопитающие, имеющие рыбообразную форму тела. Хвостовой плавник расположен горизонтально. <i>Зубатые киты: дельфины и кашалоты. Усатые киты: синий кит.</i>                                                                           |
| <i>Отряд Парнокопытные</i>                                                                                                                           | На конечностях наибольшее развитие получили третий и четвертый пальцы, покрытые у большинства роговыми копытами. Остальные пальцы либо редуцированы, либо не развиты. <i>Нежвачные: свиньи, бегемоты. Жвачные: олени, жирафы, быки.</i>        |
| <i>Отряд Непарнокопытные</i>                                                                                                                         | На конечностях развит третий палец, расширенный в копыто. Коренные зубы имеют складчатую поверхность, необходимую для перетирания пищи. <i>Лошади, зебры, дикий осел, кулан.</i>                                                               |
| <i>Отряд</i>                                                                                                                                         | Сросшаяся верхняя губа и нос преобразованы в хобот. Подош-                                                                                                                                                                                     |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Хоботные</i>          | вы ног имеют под кожей желеобразную массу. При ходьбе подошва раздается в стороны, увеличивая площадь опоры. <i>Индийский слон, африканский слон.</i>                                                                                                                                                                                                        |
| <i>Отряд<br/>Приматы</i> | Хорошо развит головной мозг, особенно кора больших полушарий. На пальцах отсутствуют когти (заменены ногтями). Глаза направлены вперед, что обеспечивает объемное зрение. Хорошо развит слух. Обладают сложным поведением. Многие приматы знакомы с орудийной деятельностью. <i>Зеленая мартышка, горилла, гиббон, орангутанг, павиан, человек разумный.</i> |

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Назовите приспособления представителей класса Млекопитающих.
2. Выделите представителей подкласса Первозвери.
3. Перечислите представителей основных классов животного мира, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь.

## ТЕМА 19

### ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА. ГАЛАКТИКА

1. Понятие «географическая оболочка».
2. Закономерности развития географической оболочки.
3. Вселенная. Строение Солнечной системы.
4. Система Земля-Луна.

#### 1. Понятие «географическая оболочка»

**Географическая оболочка** – целостная материальная система, образованная при взаимодействии и взаимопроникновении атмосферы, гидросферы, литосферы, живого вещества.

Границы географической оболочки проводят по границе наиболее активного взаимодействия всех компонентов и проявлению географических закономерностей, особенно географической зональности. Верхняя граница располагается на уровне озонового экрана – 22–25 км, т.к. до этой границы может существовать живое вещество. Нижнюю границу проводят по границе зоны гипергенеза (500–800 м), в этой зоне сформировались зональные коры выветривания, происходят круговороты вещества и энергии. В географическую оболочку включается вся гидросфера. Мощность географической оболочки составляет 23 – 26 км.

Компоненты географической оболочки – это однородные вещественные образования – природная вода, воздух, горные породы, растения, животные, почвы. Компоненты делят на устойчивые (горные породы, почвы), мобильные (вода, воздух), активные (растения, животные); по агрегатному состоянию на: твердые, жидкие, газообразные.

В жизни географической оболочки выделяют несколько этапов:

- *Добиосферный этап* (с 4,5 млрд. лет до 570 млн. лет). В это время произошло формирование материков и океанических впадин, образовались атмосфера и гидросфера. Живое вещество существовало, но сплошного распространения не имело. В результате взаимодействия первичных компонентов – воды, воздуха, горных пород – формировались компоненты географической оболочки (образовались природная вода и воздух, осадочные горные породы). На этом этапе верхняя граница географической оболочки располагалась на высоте 80 км. Нижняя граница проходила по границе осадочного слоя: осадочные горные породы являются результатом воздействия на горные породы воды и воздуха, кроме того, именно здесь располагаются горизонты подземных вод.

- *биосферный этап* (с 570 млн. лет до 40 тыс. лет). Возникает биогенный круговорот: элементы на свету за счет реакции фотосинтеза превращаются в органические вещества, к испарению добавляется транспирация. Компоненты географической оболочки становятся более сложными, в их преобразовании участвует живое вещество. К компонентам добавляют-

ся растительность и животные. Верхняя граница географической оболочки спускается до озонового слоя (здесь образуются зональные воздушные массы), нижняя граница – очерчивает зону гипергенеза.

- *ноосферный* этап развития. Под ноосферой (сферой разума) понимают сферу взаимодействия природы и общества, в которой разумная деятельность человека становится определяющим фактором развития. На ноосферном этапе начинают формироваться антропогенные компоненты, которые несут в себе результаты воздействия человеческой деятельности.

## 2. Закономерности развития географической оболочки

**Целостность** – одна из важнейших закономерностей развития географической оболочки, проявляющаяся в том, что все компоненты взаимосвязаны друг с другом и изменение любого из них приводит к нарушению целостности всей оболочки.

Целостность географической оболочки достигается за счет **круговоротов вещества и энергии**. Круговоротам подвержено вещество литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы.

В литосфере в результате внутренних (эндогенных) процессов Земли магма, выходя на поверхность, превращается в изверженные горные породы. Под влиянием выветривания и деятельности текучих вод горные породы разрушаются и переносятся водой, льдом или ветром; отлагаются в другом месте – на суше или на дне водоемов в форме рыхлых осадочных отложений, которые впоследствии уплотняются. Накопление осадочных толщ может иметь следствием погружение их в область высоких температур и давления. В результате этого породы изменяются – метаморфизируются, а при достаточно высоких температурах расплавляются, т.е. возвращаются к состоянию магмы.

В атмосфере круговорот представлен общей циркуляцией атмосферы, происходит формирование воздушных потоков планетарного масштаба.

В гидросфере формируются большие и малые круговороты воды. Испарение воды с поверхности океана, конденсация водяного пара в атмосфере и выпадение атмосферных осадков на поверхность океана образуют малый круговорот. Когда водяной пар переносится воздушными течениями на сушу, круговорот воды становится сложнее. Одна часть осадков, выпавших на поверхность суши, испаряется и поступает обратно в атмосферу. Другая часть наземными и подземными путями стекает в понижения рельефа и питает реки и озера. Вода, принесенная на сушу с океана, вновь возвращается в океан речными и подземными стоками, завершая свой большой круговорот.

Большое значение имеет биологический круговорот – образование и разложение органического вещества. Общая схема биологического круговорота такова: 1) в зеленых растениях на дневном свете идет процесс фотосинтеза: в хлорофилловых зернах разлагается вода, водород используется на по-

строение органических соединений, а кислород выделяется в атмосферу; 2) органические вещества животных и растений после смерти организмов разлагаются микробами до простейших соединений – углекислого газа, воды, аммиака и др.; 3) минеральные соединения, возникшие описанным путем, снова поглощаются растениями, животными, микробами и снова входят в состав сложных органических веществ. Иными словами, одни и те же элементы многократно образуют органические соединения живых организмов и многократно снова переходят в минеральное состояние.

Своеобразная разновидность круговоротов в географической оболочке и одна из закономерностей ее развития – **ритмичность**. Ритмичностью называется повторяемость во времени комплекса процессов, которые каждый раз развиваются в одном направлении. Различают две формы ритмики: *периодическую* – это ритмы одинаковой продолжительности, и *циклическую* – ритмы переменной длительности. Ритмы бывают разной продолжительности: *сверхвековые, внутривековые, годовые, суточные*.

Важнейшая географическая закономерность – **зональность** – закономерное изменение компонентов или комплексов от экватора к полюсам благодаря изменению угла падения солнечных лучей. Основные причины зональности – форма Земли и положение Земли относительно Солнца, а предпосылка – падение солнечных лучей на земную поверхность под углом, постепенно уменьшающимся в обе стороны от экватора.

### 3. Вселенная. Строение Солнечной системы

Географическая оболочка, сформировавшаяся на планете, испытывает со стороны космоса и недр Земли постоянное воздействие.

*Космос* (Вселенная) – весь существующий материальный мир. Материя во Вселенной сосредоточена в звездах, планетах, астероидах, спутниках, кометах и других небесных телах.

Во Вселенной небесные тела образуют системы различной сложности. Например, планета Земля со спутником Луной образует систему. Она входит в более крупную систему – Солнечную, образованную Солнцем и движущимися вокруг него небесными телами – планетами, астероидами, спутниками, кометами. Солнечная система, в свою очередь, является частью Галактики. Галактики образуют еще более сложные системы – скопления галактик. Самая грандиозная звездная система, состоящая из множества галактик – *Метагалактика* – доступная для человека часть Вселенной (видимая с помощью приборов). По современным представлениям, она имеет диаметр около 100 млн. световых лет, возраст Вселенной 15 млрд. лет, в нее входит  $10^{22}$  звезд.

Звезды в Метагалактике образуют *галактики* – это большие звездные системы, в которых звезды связаны силами гравитации. Предположение о том, что звезды образуют галактики, высказал И. Кант в 1755 г.

Наша Галактика называется *Млечный путь* – звездное скопление, видимое на ночном небе как туманная, молочная полоса. В Галактике 150 млрд. звезд, более 100 туманностей. Основным химическим элементом в нашей Галактике является водород,  $\frac{1}{4}$  приходится на гелий. Солнце находится на периферии Галактики.

*Солнечная система* состоит из центральной звезды – Солнца, восьми планет, более 60 спутников, более 40000 астероидов и около 1000000 комет.

*Солнце* – центральная звезда Солнечной системы. Это ближайшая к Земле звезда. Солнце вращается вокруг своей оси против часовой стрелки, в том же направлении движутся планеты вокруг Солнца. Основное вещество, образующее Солнце, – водород (71% массы светила), на гелий приходится 27 %, на углерод, азот, кислород, металлы – 2 %.

Солнце излучает два основных потока энергии – электромагнитное (солнечная радиация) и корпускулярное (солнечный ветер) излучение. Тепловое поле поверхности планет Солнечной системы создается солнечной радиацией. В пик солнечной активности возрастает поток заряженных частиц. Подходя к магнитосфере, поток увеличивает ее напряженность, на Земле начинаются магнитные бури. В это время активизируются тектонические движения, начинаются извержения вулканов. В атмосфере возрастает количество атмосферных вихрей – циклонов, усиливаются грозы. Наиболее ярким и впечатляющим появлением бомбардировки атмосферы солнечными частицами являются полярные сияния – свечение верхних слоев атмосферы, вызванное ионизацией газов.

*Планеты* расположены от Солнца в такой последовательности: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Все планеты имеют общие свойства и особенности. К общим можно отнести следующие свойства:

- ✓ все планеты имеют шарообразную форму;
- ✓ все планеты вращаются вокруг Солнца в одном направлении против часовой стрелки;
- ✓ осевое вращение планет происходит также против часовой стрелки. Исключение составляют Венера и Уран, они вращаются по часовой стрелке;
- ✓ орбиты всех планет находятся примерно в одной плоскости эклиптики. Причем каждая следующая планета – примерно в два раза дальше от Солнца, чем предыдущая.

*Астероиды* – малые планеты Солнечной системы. Они образуют тонкое кольцо между орбитами Марса и Юпитера. Первый астероид был назван Церера (1801 год), к 1880 году астероидов было известно уже около 200, сейчас орбиты вычислены для более 40 000 астероидов. Практически все астероиды имеют неправильную форму, только самые крупные приближаются к шару.

*Кометы* – небольшие несветящиеся тела Солнечной системы, которые становятся видимыми только при подходе к Солнцу. Двигутся по

сильно вытянутым эллипсам. С приближением к Солнцу у них резко обособляется «голова» и «хвост». Головная часть состоит из льда и частиц пыли. В разреженной газопылевой среде хвоста обнаружены ионы натрия и углерода. Одна из самых известных комет – комета Галлея, каждые 76 лет она появляется в зоне видимости Земли.

*Метеоры* – мельчайшие твердые тела массой несколько граммов, вторгшиеся в атмосферу планеты. Мелкие частицы вещества, двигаясь со скоростью 11–12 км/с, из-за трения в атмосфере разогреваются до 1000°C, что вызывает их свечение на протяжении нескольких секунд. Они сгорают в атмосфере, не долетая до поверхности. Упавшие на поверхность планеты небесные тела называются метеоритами. Наибольший метеорный кратер на Земле имеет диаметр 1265 м и расположен в Аризоне около каньона Дьябло.

#### 4. Система Земля–Луна

Естественным спутником Земли является Луна – несветящееся тело, которое отражает солнечный свет.

Изучение Луны началось в 1959 г., когда советский аппарат «Луна-2» впервые сел на Луну, а с аппарата «Луна-3» впервые были сделаны из космоса снимки обратной стороны Луны. В 1966 г. аппарат «Луна-9» совершил посадку на Луну и установил прочную структуру грунта. Первыми, кто побывал на Луне, стали американцы Нейл Армстронг и Эдвин Олдрин. Это произошло 21 июля 1969 г.

Среднее расстояние между центрами Земли и Луны – 384 467 км. Лунный ландшафт своеобразен и уникален. Луна вся покрыта кратерами разного размера – от сотен километров до пары миллиметров.

Фазы Луны – различные положения относительно Солнца: новолуние, первая четверть, полнолуние и последняя четверть (рис. 33). В полнолуние виден освещенный диск Луны, так как Солнце и Луна находятся на противоположных сторонах от Земли. В новолуние Луна находится на стороне Солнца, поэтому сторона Луны, обращенная к Земле, не освещается.

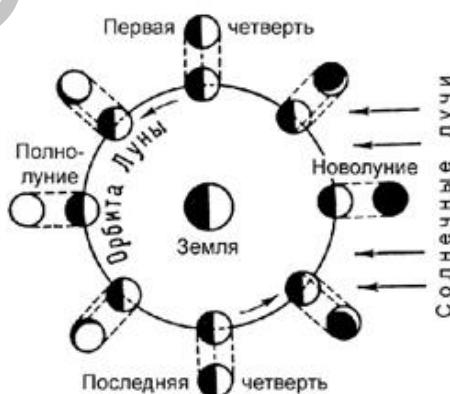


Рисунок 33 – Фазы Луны.

К Земле Луна обращена всегда одной стороной. Линию, которая отделяет освещенную часть Луны от неосвещенной, называют терминатором.

Из-за близости Луны к Земле и ее большой массы они образуют систему «Земля–Луна». Луна и Земля вращаются вокруг своих осей в одну сторону.

Хотя масса Луны в 27 млн. раз меньше массы Солнца, она в 374 раза ближе к Земле и оказывает на нее сильное влияние, вызывая поднятия воды (приливы) в одних местах и отливы в других. Это происходит каждые 12 ч 25 мин, так как Луна делает полный оборот вокруг Земли за 24 ч 50 мин.

Наиболее отчетливы и важны по своим следствиям приливно-отливные явления в волной оболочке. Они представляют собой периодические подъемы и опускания уровня океанов и морей, вызываемые силами притяжения Луны и Солнца (в 2,2 раза меньше лунной).

В атмосфере приливно-отливные явления проявляются в полусуточных изменениях атмосферного давления, а в земной коре – в деформации твердого вещества Земли.

Через определенный промежуток времени на Земле повторяются солнечные и лунные затмения. Увидеть их можно, когда Солнце, Земля и Луна находятся на одной линии.

*Затмение* – астрономическая ситуация, при которой одно небесное тело заслоняет свет от другого небесного тела.

Солнечное затмение происходит, когда Луна попадает между наблюдателем и Солнцем и загораживает его. Поскольку Луна перед затмением обращена к нам неосвещенной стороной, перед затмением всегда бывает новолуние, т. е. Луна не видна. Создается впечатление, что Солнце закрывается черным диском; наблюдающий с Земли видит это явление как солнечное затмение.

Лунное затмение наступает, когда Луна, находясь на одной прямой с Солнцем и Землей, попадает в конусообразную тень, отбрасываемую Землей. Диаметр пятна тени Земли равен минимальному расстоянию Луны от Земли – 363 000 км, что составляет около 2,5 диаметра Луны, поэтому Луна может быть затенена целиком.

*Лунные ритмы* – это повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов. Существуют лунно-месячные (29,4 суток) и лунно-суточные (24,8 ч) ритмы. Многие животные, растения размножаются в определенную фазу лунного цикла. Лунные ритмы свойственны многим морским животным и растениям прибрежной зоны. Так, у людей замечено изменение самочувствия в зависимости от фаз лунного цикла.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дайте определение понятию «географическая оболочка».
2. Что определяет границы географической оболочки?
3. Охарактеризуйте этапы развития географической оболочки.
4. Охарактеризуйте основные тела Солнечной системы.
5. В чем сущность системы Земля–Луна?

## ТЕМА 20

### ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

1. Форма Земли.
2. Масса и размеры Земли и их географические следствия.

#### 1. Форма Земли

Земля имеет шарообразную форму. Ее диаметр около 12750 км. Поскольку человек видит лишь небольшую часть Земли, земная поверхность кажется ему плоским кругом, ограниченным линией, где небо как бы соприкасается с землей. Многим древним народам Земля казалась плоской. Однако доказательства шарообразности Земли принадлежат древнегреческому ученому Аристотелю (IV в до н.э.). К ним он относил наблюдения за лунными затмениями, во время которых тень от Земли, отбрасываемая на поверхность Луны, всегда круглая; изменение вида звездного неба при движении по меридиану; расширение горизонта при поднятии. Постепенно представления о Земле как о шаре стали основываться не на наблюдениях. А на точных расчетах и измерениях.

Первым, кто измерил величину земного шара, был древнегреческий ученый Эратосфен (III–II вв. до н.э.). Он измерил длину дуги  $1^\circ$  меридиана, а затем на этой основе рассчитал длину всей окружности Земли по меридиану. Она составила примерно 40 тыс. км, что близко к действительности.

В период Средневековья многие научные представления античных народов о Земле отрицались господствующей церковью. Учение о шарообразности Земли в этот период не только отрицалось, но и преследовалось. С конца XV в. началось возрождение, а потом и интенсивное развитие многих наук и культуры. Наступил период Великих географических открытий. Христофор Колумб в поисках западного пути в Индию открыл Новый Свет – Америку (1492). Васко да Гама, обогнув Африку, проложил морской путь в Индию (1497). Фернан Магеллан и его спутники совершили первое кругосветное плавание (1519–1522). Поэтому Землю стали изображать в виде объемной модели – глобуса.

Самый первый глобус, диаметром 0,54 м, был изготовлен немцем Мартином Бехаймом (1492). По результатам открытий в XVI веке создавались многочисленные карты Земли и обширные географические атласы. В XVII веке в ряде европейских стран были начаты детальные съемки местности. В связи с развитием знаний о природе Земли представления о ее форме продолжали совершенствоваться.

В конце XVII в. на основании работ Ньютона возникло предположение о том, что ввиду осевого вращения земной шар должен быть сплюснут у полюсов. Последующими измерениями в XVIII в. было доказано, что Земля имеет форму сфероида, или эллипсоида вращения, сплюснутого вдоль оси вращения. Эта фигура имеет не только полярное, но и экваториальное сжатие, что свидетельствует о сложном внутреннем строении пла-

неты, проявляющемся в несимметричном распределении масс. В географических исследованиях эта модель почти не используется.

В XIX в. было установлено, что форма Земли сложнее. Она отклоняется от правильной велико: экваториальный радиус Земли длиннее полярного всего на 21,4 км формы сфероида из-за неоднородного строения недр, неравномерного распределения масс.

В 1873 г. немецкий ученый И.Листинг предложил условное наименование формы Земли – геоид (землеподобный). *Геоид* – неправильная геометрическая фигура, поверхность которой в любой точке уровенная, т.е. горизонтальная, перпендикулярная силе тяжести. Поверхность геоида совпадает со средним уровнем Мирового океана. Земля асимметрична, т.е. над северным полюсом геоид возвышается над эллипсоидом на 30 м, а над южным – понижается на 30 м. По этой причине форму Земли можно рассматривать как грушеобразную, сердцеподобную. (Так возникло еще одно обозначение ее фигуры – кардиоид).

В настоящее время научными доказательствами шарообразности Земли считаются фотографии и измерения из Космоса с искусственных спутников Земли с разных расстояний и точек траекторий полетов, а также градусные измерения на поверхности Земли и лунные затмения.

## **2. Масса и размеры Земли и их географические следствия**

Размеры Земли:

- ✓ радиус экваториальный – 6378,245 км,
- ✓ радиус полярный – 6356,863 км,
- ✓ радиус средний – 6371,110 км,
- ✓ сжатие полярное – 1/298,3 или 21,36 км,
- ✓ сжатие экваториальное – 1/30 000 или 213 м,
- ✓ длина меридиана – 40 008,550 км,
- ✓ длина экватора – 40 075,696 км,
- ✓ площадь поверхности – 510 млн. км<sup>2</sup>.

Масса Земли составляет  $5,976 \times 10^{24}$  кг. Земля имеет наибольшую среднюю плотность среди планет Солнечной системы – 5,5 г/см<sup>3</sup>.

Размеры Земли позволяют удерживать атмосферу, гидросферу в современном состоянии, определяют размеры географической оболочки и многие процессы, происходящие в ней.

***Фигура и размеры Земли имеют большое географическое значение:***

1) Шарообразная фигура Земли обуславливает уменьшение угла падения солнечных лучей на земную поверхность от экватора к полюсам и образование нескольких тепловых поясов.

2) Тепловые пояса в свою очередь наряду с другими факторами (величиной и массой Земли, определенного расстояния ее от Солнца) обуславливают закономерное изменение многих природных процессов и ком-

понентов в географической оболочке по направлению от экватора к полюсам, т.е. широтную зональность.

3) Размеры и масса Земли определяют такую силу земного притяжения, которая удерживает атмосферу определенного состава и гидросферу, без которых невозможна жизнь.

Таким образом, жизнь на Земле, возникновение и существование на ней географической оболочки в значительной мере зависят от фигуры и размеров нашей планеты.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Как изменялись представления людей о фигуре Земли?
2. Каковы известные вам доказательства шарообразности и выпуклости Земли?
3. Каково географическое значение размеров, массы и фигуры Земли?

## ТЕМА 21

### ДВИЖЕНИЕ ЗЕМЛИ

1. Вращение Земли вокруг оси, его географические следствия.
2. Время.
3. Движение Земли вокруг Солнца, его географические следствия.
4. Пояса освещенности.

#### **1. Вращение Земли вокруг оси, его географическое следствие**

Земля вращается вокруг оси с запада на восток, т.е. против часовой стрелки, если смотреть на Землю с Северного полюса.

*Земная ось* – воображаемая линия, вокруг которой вращается Земля. Период этого обращения – 23 часа 56 минут 4 секунды (звездные сутки). Их используют при астрономических наблюдениях. В календаре используют период обращения Земли относительно Солнца (солнечные сутки). Они составляют 24 часа. Разница между звездными и солнечными сутками обусловлена тем, что Земля, вращаясь вокруг оси, одновременно движется по своей орбите вокруг Солнца. В результате период обращения Земли по отношению к далеким звездам оказывается несколько меньшим, чем по отношению к Солнцу.

*Угловая скорость* осевого вращения Земли –  $15^\circ$  за один час. Линейная скорость зависит от широты: на экваторе она наибольшая – 464 м/с, а географические полюса неподвижны.

Доказательства вращения Земли вокруг оси:

1) опыт с качающимся маятником Фуко. После того как французский физик Ж. Фуко в 1851 г. в Париже (в Пантеоне) осуществил свой знаменитый опыт, вращение Земли вокруг оси стало непреложной истиной. Он подвесил под куполом высокого собора тяжелый маятник, который был выведен из состояния равновесия. Если бы Земля не вращалась, то по отношению к ней плоскость качания маятника оставалась бы неизменной, а она в знаменитом опыте Фуко медленно перемещалась.

2) физическим доказательством осевого вращения Земли являются также измерения дуги  $1^\circ$  меридиана, которые доказывают сжатие Земли у полюсов, а оно свойственно лишь вращающимся телам.

3) отклонение падающих тел от отвесной линии на всех широтах, кроме полюсов. Причина этого отклонения обусловлена сохранением ими по инерции большей линейной скорости на высоте по сравнению с земной поверхностью. Падая, предметы отклоняются к востоку, потому, что Земля вращается с запада на восток. Величина отклонения максимальна на экваторе. На полюсах тела падают вертикально, не отклоняясь от направления земной оси.

*Географическое значение осевого вращения Земли исключительно велико:*

1) влияние на фигуру Земли: *сжатие нашей планеты у полюсов* – результат ее осевого вращения. Раньше, когда Земля вращалась с большей скоростью, полярное сжатие было значительнее. Уменьшение экваториального радиуса и увеличение полярного сопровождается тектоническими деформациями земной коры (разломы, складки) и перестройкой макрорельефа Земли.

2) возникновение силы Кориолиса. Сила Кориолиса – одна из сил инерции, возникающая из-за осевого вращения Земли. Она действует на все движущие тела, отклоняя их в северном полушарии вправо, в южном – влево. На экваторе сила Кориолиса не проявляется. Величина силы Кориолиса невелика, но ее значение огромно. Она приводит к возникновению в атмосфере вихрей различного масштаба (циклонов, антициклонов), оказывает влияние на направления ветров, океанических течений, формирование речных долин (у рек в северном полушарии правый берег круче левого) и т.д.

3) происходит смена приливов и отливов.

4) выделяются полюса, линии координатной сетки (меридианы и параллели).

5) С вращением Земли связана естественная единица измерения времени – сутки, а также смена дня и ночи, что создает суточную ритмичность в живой и неживой природе.

## **2. Время**

Время суток различно в разных точках Земли. Время на данном географическом меридиане называют *местным*. Его можно определять по положению Солнца на небосводе. Но пользоваться местным временем неудобно, т.к. оно различно даже в соседних населенных пунктах (разница в долготе  $1^\circ$  между точками соответствует разнице в 4 минуты местного времени).

Вся Земля условно разделена на *24 часовых пояса* (по  $15^\circ$  долготы в каждом, но границы поясов на суше часто не совпадают с меридианами, их проводят по границам государств, областей и т.д.) (рис. 34). Время в данном часовом поясе называют *поясным*. Оно определяется по местному времени *среднего меридиана*. Средним меридианом для нулевого часового пояса является меридиан  $0^\circ$  д., для первого –  $15^\circ$  в.д., для второго –  $30^\circ$  в.д. и т.д.

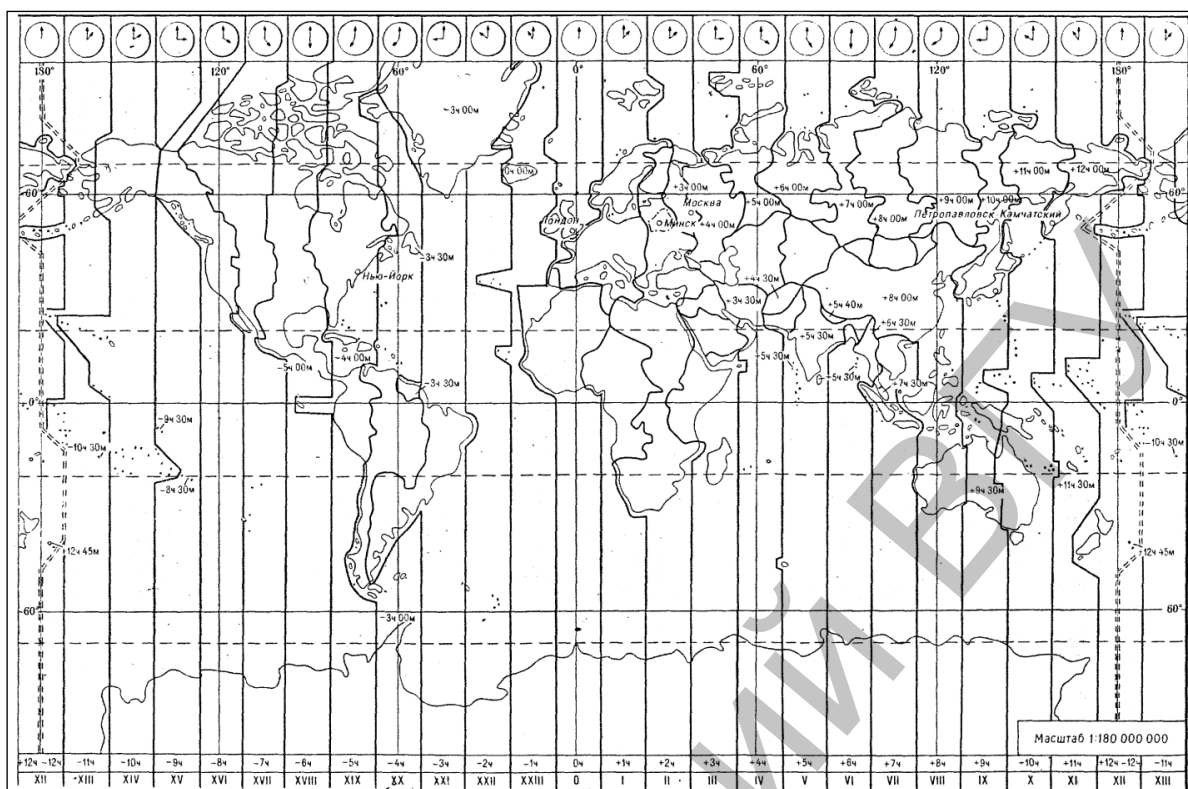


Рисунок 34 – Карта часовых поясов.

Во многих странах вводят *летнее* время (апрель–октябрь) с целью экономии электроэнергии. Для этого часы в летний период переводят на 1 час вперед.

Условно считают, что новые сутки начинаются в 12 часовом поясе. На его срединном меридиане ( $180^\circ$ ) находится международная *линия перемены дат*. По обе стороны к западу и к востоку от нее в 12 часовом поясе часы и минуты совпадают, а календарные даты отличаются на одни сутки. Например, в Новый год в 0 ч 00 мин к западу от этой линии 1 января нового года, а к востоку – 31 декабря старого года. Путешественник, пересекая эту линию с запада на восток, отнимает одни сутки, а с востока на запад – прибавляет.

### 3. Движение Земли вокруг Солнца, его географические следствия

Земля, подобно другим планетам, движется вокруг Солнца. Этот путь называют *орбитой*. Орбита Земли – эллипс, близкий к окружности, в одном из фокусов которого находится Солнце. По орбите Земля движется *против часовой стрелки* (если смотреть со стороны северного полюса). Средняя скорость обращения Земли вокруг Солнца –  $29,8 \text{ км/сек}$ .

Расстояние от Земли до Солнца в среднем составляет 149,6 млн. км. Кратчайшее расстояние в перигелии (ближайшая к Солнцу точка орбиты

планеты) – 147 млн. км (3 января), наибольшее в афелии (наиболее удаленная от Солнца точка орбиты) – 152 млн. км (5 июля).

Земная ось наклонена по отношению к плоскости орбиты и образует с нею угол, равный  $66^{\circ}33'$ . Ось перемещается в пространстве параллельно самой себе в течение года, что приводит к смене времен года и неравенству дня и ночи – важнейшим следствиям обращения Земли вокруг Солнца. Если бы земная ось была перпендикулярна к плоскости орбиты, то светораздельная плоскость и терминатор (светораздельная линия на поверхности Земли) проходили бы через оба полюса, делили бы все параллели пополам и день всегда был бы равен ночи. Солнечные лучи падали бы на экватор в полдень всегда отвесно. По мере удаления от экватора угол их падения уменьшался бы и на полюсах становился равным нулю. В этих условиях нагревание земной поверхности в течение года уменьшалось бы от экватора к полюсам и смены времен года не было. Наклон земной оси к плоскости орбиты и сохранение ее ориентировки в пространстве обуславливают различный угол падения солнечных лучей и соответственно различия в поступлении тепла на земную поверхность, а также неодинаковую продолжительность дня и ночи в течение года на всех широтах, кроме экватора.

Период обращения Земли вокруг Солнца – 365 суток 6 часов 9 минут 9 секунд (звездный или сидерический год). Период прохождения Земли через точку весеннего равноденствия на 20 минут 24 секунды короче звездного, именно он лежит в основе календаря (тропический или истинный год) – 365 суток 5 часов 48 минут 46 секунд.

Смена времен года обусловлена изменением угла падения солнечных лучей и продолжительности дня в зависимости от положения Земли по отношению к Солнцу. На земной орбите в процессе движения выделяют 4 характерные точки: дни солнцестояний и дни равноденствий (Рис. 35).

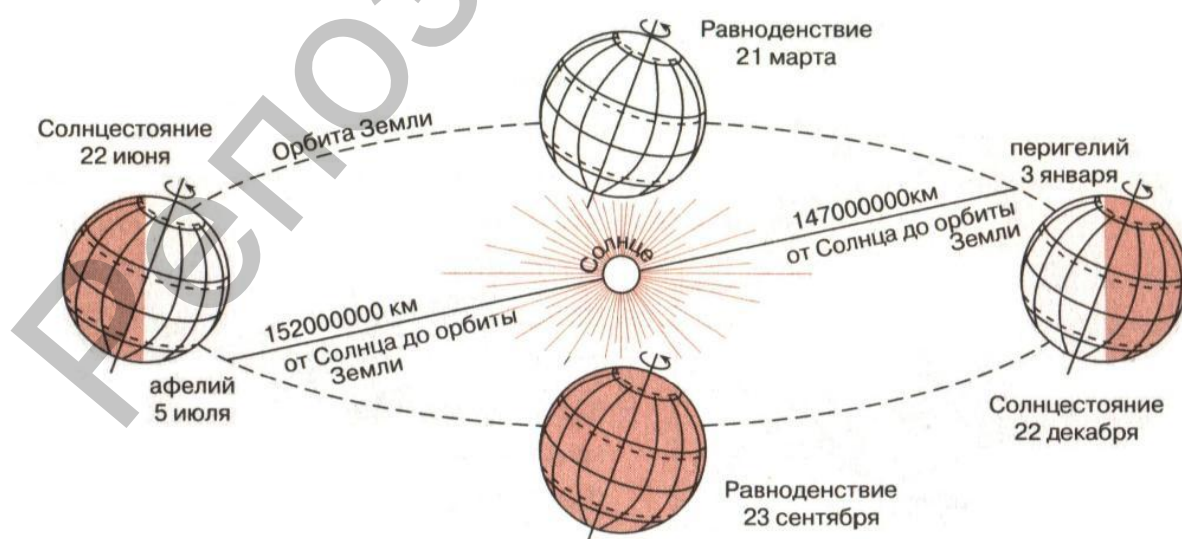


Рисунок 35 – Движение Земли вокруг Солнца.

22 июня – день летнего солнцестояния. Солнце в зените над параллелью  $23^{\circ}27'$  с.ш. За параллелью  $66^{\circ}33'$  с.ш. Солнце не заходит – полярный день, за параллелью  $66^{\circ}33'$  ю.ш. – полярная ночь. Северное полушарие получает больше солнечной радиации за счет большого угла падения лучей и большой продолжительности дня, здесь – разгар лета, в южном – разгар зимы.

22 декабря – день зимнего солнцестояния. Солнце в зените над параллелью  $23^{\circ}27'$  ю.ш. Полярный день – за южным полярным кругом, полярная ночь – за северным полярным кругом. 22 декабря – начало астрономического лета в южном полушарии и астрономической зимы в северном полушарии.

21 марта и 23 сентября – дни весеннего и осеннего равноденствий, на всей Земле день равен ночи. Солнце в полдень в зените – над экватором. На Земле 21 марта и 23 сентября – начало астрономической весны и астрономической осени в соответствующих полушариях.

Северный и южный тропики – параллели  $23^{\circ}27'$  с. и ю. ш., между которыми Солнце бывает в зените. Северный и южный полярные круги – параллели  $66^{\circ}33'$  с. и ю.ш., за которыми бывают полярные дни и ночи.

Со сменой времен года связана сезонная ритмичность в природе. Она проявляется в изменении температуры, влажности воздуха и других метеорологических показателей, в режиме водоемов, в жизни растений, животных.

#### 4. Пояса освещения

В результате годового движения Земли и наклона оси ее вращения к плоскости орбиты на Земле образовались 5 поясов освещения. Их условными границами являются тропики и полярные круги. Различия между ними обусловлены высотой полуденного Солнца и продолжительностью дня, а значит количеством получаемого солнечного тепла.

Жаркий пояс лежит между тропиками. В его пределах Солнце 2 раза в году бывает в зените, на тропиках – по одному разу в год в дни солнцестояний (и этим отличается от всех остальных параллелей). На экваторе в период с 21 марта по 23 сентября Солнце в полдень находится на севере, а с 23 сентября по 21 марта – на юге. На экваторе день всегда равен ночи. На других широтах этого пояса продолжительность дня и ночи мало меняется в течение года. Жаркий пояс занимает около 40% земной поверхности.

Умеренные пояса (их два) располагаются между тропиками и полярными кругами. Солнце в их пределах никогда не бывает в зените. В Северном умеренном поясе Солнце в полдень всегда находится на юге, в Южном – на севере. В течение суток обязательно происходит смена дня и ночи, причем продолжительность их зависит от широты и времени года. Близ полярных кругов (с  $60^{\circ}$  до  $66,5^{\circ}$  ш.) летом наблюдаются светлые, так называемые белые ночи с сумеречным освещением за счет слияния вечерней и утренней зорь,

поскольку Солнце ненадолго и неглубоко уходит под горизонт. Общая площадь умеренных поясов составляет 52% земной поверхности.

*Холодные пояса* (их два) – к северу от Северного и к югу от Южного полярных кругов. Эти пояса отличаются наличием полярных дней и ночей, продолжительность которых увеличивается от одних суток на полярных кругах (и этим они отличаются от всех остальных параллелей) до полугода на полюсах. Во время полярного дня Солнце можно видеть на всех сторонах горизонта. Общая площадь холодных поясов составляет 8% земной поверхности.

Таким образом, тропический пояс ограничен северным и южным тропиками, 2 умеренных пояса расположены между тропиками и полярными кругами, 2 полярных – за полярными кругами.

Пояса освещения – основа климатической зональности и природной зональности вообще.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. В какую сторону вращается Земля вокруг оси?
2. Каковы географические следствия вращения Земли?
3. На сколько часовых поясов разделена Земля?
4. На каких широтах Земли Солнце дважды в году бывает в зените, на каких – один раз, где не бывает никогда? Как это отражается на температурном режиме Земли?

## ТЕМА 22

### ПЛАН И КАРТА

1. Горизонт. Линия горизонта. Ориентирование.
2. Глобус и градусная сеть. Географические координаты.
3. Масштаб.
4. Географическая карта и план местности.

#### 1. Горизонт. Линия горизонта. Ориентирование

Горизонт – видимая часть земной поверхности. Линия горизонта – линия, по которой небо соприкасается с Землей; линия, ограничивающая горизонт. На открытой местности линия горизонта кажется наблюдателю окружностью, стоящему в центре, а на закрытой – замкнутой кривой, обходящей видимые препятствия. При поднятии наблюдателя дальность видимого горизонта увеличивается. У человека среднего роста, стоящего на ровной местности, дальность видимого горизонта около 5 км, при подъеме на 100 м – около 40 км, на 1000 м – около 120 км и т.д.

Для ориентирования на местности надо знать стороны горизонта

Горизонт имеет основные направления (север, юг, восток и запад) и промежуточные (северо-запад, северо-восток, юго-запад и т.д.) (рис. 36)

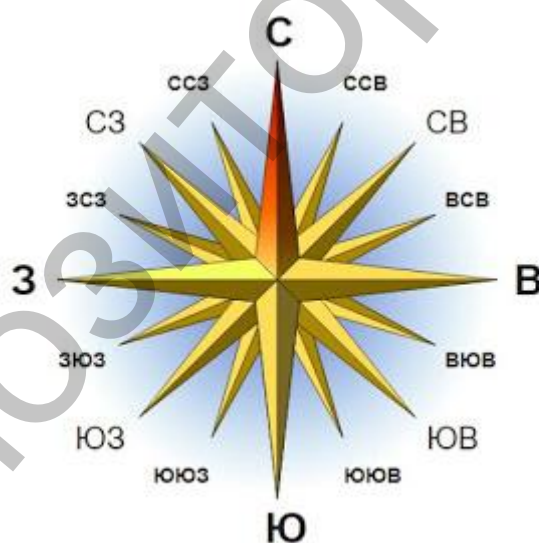


Рисунок 36 – Стороны горизонта.

Сориентироваться на местности – это значит найти основные и промежуточные стороны горизонта: север, запад, северо-запад и т.д.

Направление географического меридиана, идущего по поверхности земного шара от Северного полюса до Южного, показывает полуденная линия. В полдень, когда Солнце находится в южной стороне не-

босвода, тень от предметов падает строго на север. Если встать лицом к северу, сзади будет юг, справа – восток, слева – запад. Ночью в северном полушарии можно ориентироваться по Полярной звезде в созвездии Малая Медведица.

Для надежности ориентируются по компасу, стрелка которого указывает на север. Однако магнитная стрелка компаса располагается вдоль магнитного, а не географического меридиана, которые не совпадают, т.к. не совпадают географические и магнитные полюса. Чтобы найти точное направление на север, надо учитывать угол между северным направлением географического меридиана и направлением северного конца магнитной стрелки, называемый магнитным склонением. Магнитное склонение считается положительным, если северный конец магнитной стрелки компаса отклонен к востоку от географического меридиана, и отрицательным – если к западу. Оно обязательно указывается на всех топографических картах. Магнитное склонение Минска  $+7^{\circ}50'$ , Витебска  $+8^{\circ}55'$ . Чтобы узнать направление географического меридиана, надо от направления северного конца магнитной стрелки компаса отсчитать к западу (при положительном), к востоку (при отрицательном) градус магнитного склонения. Это и будет направление на север.

Наиболее надежный способ ориентирования на местности – с помощью подробной карты или аэрофотоснимка, проводимое путем сопоставления картографического изображения с местностью. Положение точки, в которой находится наблюдатель, определяют относительно заметных предметов местности (ориентиров) глазомерно или путем промера расстояний и углов направления – азимутов.

*Азимут* – угол, который отсчитывают от северного конца меридиана по часовой стрелке до направления на предмет (от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ ). Если угол отсчитывают от магнитного меридиана, получают магнитный азимут, а с учетом магнитного склонения – географический азимут.

Полезно знать и местные признаки, по которым можно ориентироваться в пространстве. Большинство естественных примет связано с различиями в освещенности и количестве тепловой энергии, получаемой от Солнца растениями и предметами, в зависимости от их положения относительно сторон горизонта.

У многих пород деревьев кора с северной стороны грубее, на ней больше трещин, здесь обычно расположены лишайники и мох. Кора хвойных деревьев на южной стороне суше, тверже и светлее, здесь образуются натеки смолы. У берез кора всегда белее и чище с южной стороны. В природе встречаются растения-компасы. Цветы подсолнуха поворачиваются за солнцем в течение дня и никогда не бывают обращены к северу. Созревающие ягоды земляники, брусники, клюквы краснеют с южной стороны.

Существует и много других естественных примет. Но пользоваться этим способом надо с осторожностью. Достоверные в одном регионе при-

меты могут оказаться ошибочными в другом. Их нужно проверять и по возможности определяться по нескольким приметам или в комбинациях с другими способами.

## 2. Глобус и градусная сеть. Географические координаты

*Глобус* – это картографический способ изображения земной поверхности, при котором сохраняется геометрическая форма нашей планеты, а также все линии, площади и контуры изображаемых объектов в мелком масштабе. По сравнению с географической картой на глобусе все искажения земной поверхности минимальны. Материки, океаны, моря и острова на нем полностью соответствуют их расположению на земном шаре.

Первый глобус был создан около 150 г. до н. э. Кратетом Малльским из Киликии, жившим в Пергаме; о нем упоминают Страбон и Гемин. Последний сообщает, что Кратет снабдил свой глобус системой координат («кругов»). Старейшим сохранившимся до наших дней глобусом является «Земное яблоко» немецкого географа и навигатора Мартина Бехайма, изготовленное в 1493–1494 годах для городского совета Нюрнберга.

Современные глобусы бывают разных видов и размеров. Так, например, в США создан цифровой глобус, а в Германии – первый интерактивный (мультитач) глобус.

Точно наносить все географические объекты на глобус помогает градусная сетка, состоящая из линий меридианов и параллелей. *Градусная сеть* Земли – это система меридианов и параллелей на глобусе и картах. Точками отсчета при этом служат полюса Земли – две неподвижные точки при суточном вращении Земли. *Географические полюса* – Северный и Южный – точки пересечения воображаемой оси вращения Земли с земной поверхностью. *Экватор* – линия пересечения земного шара плоскостью, проходящей через центр Земли перпендикулярно оси ее вращения. Экватор делит земной шар на два полушария: Северное и Южное. *Параллели* – линии сечения земного эллипсоида плоскостями, параллельными плоскостями экватора, т.е. линии, проведенные параллельно экватору. Длина параллелей уменьшается от экватора к полюсам, поэтому длина дуги  $1^\circ$  разных параллелей не одинакова. *Меридианы* – линии сечения земного эллипсоида плоскостями, проходящими через ось вращения Земли и соответственно через оба ее полюса. Полная длина земного меридиана около 40009 км. Длина  $1^\circ$  меридиана в среднем 111,1 км. Из-за сплюснутости Земли она больше у полюсов (111,7 км) и меньше у экватора (110,6 км).

Градусная сеть служит для отсчета географических координат – широты и долготы, которые позволяют определять местоположение любой точки на земной поверхности (рис. 37).

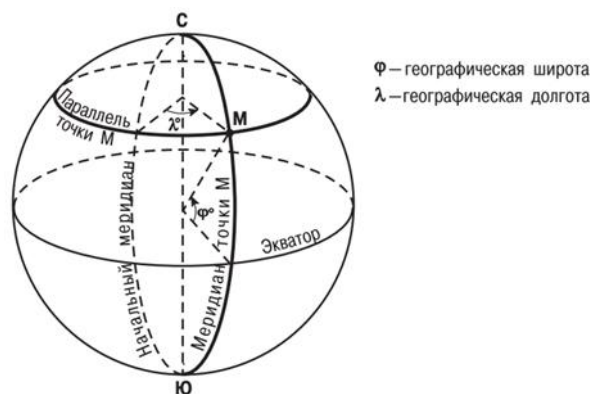


Рисунок 37 – Географические координаты.

*Географическая широта* ( $\varphi$ ) – угол между плоскостью экватора и отвесной линией в данной точке, т.е. угловое расстояние точки по меридиану от экватора. Она изменяется от  $0^\circ$  (экватор) до  $90^\circ$  (полюса). Различают северную и южную широту. Все точки, лежащие на одной параллели, имеют одинаковую географическую широту. На глобусе параллели подписывают на нулевом и  $180^\circ$ -м меридианах, на картах – на боковых рамках.

*Географическая долгота* ( $\lambda$ ) – двугранный угол, образованный плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку, т.е. угловое расстояние точки от начального меридиана. За начальный (нулевой) меридиан по международному соглашению принят меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию в бывшем пригороде Лондона. К востоку от него восточная долгота, к западу – западная долгота. Она изменяется от 0 до  $180^\circ$ . Все точки, лежащие на одном меридиане, имеют одинаковую долготу. На глобусе меридианы подписывают на экваторе, на картах – на верхней и нижней рамках.

### 3. Масштаб

Для измерения расстояний по планам, картам и глобусу необходимо пользоваться масштабом, который показывает степень уменьшения длины линии на плане, карте или глобусе по сравнению с действительным расстоянием на местности. Масштабы бывают численные, именованные и графический (линейный).

*Численный масштаб* выражают в виде дроби с числителем равным 1. Например,  $1:M$ , где знаменатель  $M$  численного масштаба показывает степень уменьшения длин линий на карте (плане) по отношению к длинам соответствующих линий на местности. Сравнивая между собой численные масштабы, более крупным называют тот, у которого знаменатель меньше. Числитель и знаменатель даются в одинаковых единицах измерения (сантиметрах).

*Именованным масштабом* называют словесное выражение численного масштаба. Под численным масштабом на топографической карте

имеется надпись поясняющая, сколько метров или километров на местности соответствует одному сантиметру карты. Например, на карте под численным масштабом 1:50000 записано: «в 1 сантиметре 500 метров». Цифра 500 в данном примере есть величина именованного масштаба.

Для непосредственного определения по картам и планам расстояний служит *линейный масштаб*. Это график, помещенный внизу карты в виде прямой линии, разделенный на сантиметры. При этом справа от нуля у каждого деления линии (например, сантиметрового) подписано истинное расстояние на местности, равное одному, двум или нескольким величинам масштаба. Слева от нуля 1 см разбивают на меньшие деления, например на миллиметра, для получения более точных результатов измерения. Расстояние по карте измеряют линейкой или циркулем, переносят его на масштаб и без дополнительных расчетов получают искомое расстояние. Чем крупнее масштаб карты, тем точнее результат измерений.

#### **4. Географическая карта и план местности**

Аэрофотоснимки и космические снимки люди научились делать совсем недавно. Но уже несколько веков известны другие виды изображения земной поверхности на плоскости – географические планы и географические карты.

*Географическая карта* – уменьшенное, обобщенное, математически определенное, образно-знаковое изображение земной поверхности на плоскости, показывающее размещение, состояние и связи различных природных и общественных явлений, отбираемых и характеризующихся в соответствии с назначением каждой конкретной карты. В данном определении нашли отражение практически все признаки карты: размещение (сопоставление в пространстве местоположения объектов и явлений и их свойств), уменьшенность изображения (масштаб), математическая определенность (определенные математические законы построения карты, которые обусловлены проектированием физической поверхности Земли на поверхность эллипсоида, а затем переходом от этой последней к плоскости), условный (образно-знаковый, посредством символов) способ отображения действительности и, наконец, генерализованный (обобщенный) способ изображения содержания. Географические карты являются образно-знаковыми моделями действительности, обладающими функциями коммуникативности (передачи информации), оперативности (решения с их помощью различных практических задач), познавательности (приобретения знаний), прогностичности (выявление будущего развития изучаемых по ним явлений).

Значение карт огромно в жизни и деятельности человека. Карты позволяют знакомиться с местностью без непосредственного ее посещения, быть путеводителями в туристских походах, при движении транспорта и т.п. Карты широко используются в аэро- и космонавтике, кораблевожде-

нии, планировании, проектировании и строительстве различных сооружений; разработке полезных ископаемых; организации промышленного и сельскохозяйственного производства, мелиорации, в дорожном деле, для районных планировок и охраны окружающей среды и т.п. Трудно найти такую отрасль народного хозяйства, которая бы не использовала карту.

Велико значение карт в военном деле. Как для наступления, так и обороны необходимо иметь крупномасштабные карты.

Общегеографические карты состоят из следующих элементов:

1. *Математическая основа*, куда входит картографическая проекция, выражающая аналитическую зависимость между координатами точек поверхности земного эллипсоида и его плоского изображения, масштаб, геодезическая основа (на крупномасштабных картах) и компоновка.

2. *Картографическое изображение*, т.е. содержание карты – основной элемент любой географической карты. Оно состоит из физико-географических элементов (гидрография, рельеф, растительность и грунты) и социально-экономических (населенные пункты, пути сообщения и средства связи, объекты экономики и культуры, политического и административного деления).

3. *Вспомогательное оснащение* – легенда (условные обозначения и текстовые пояснения к ним), картографические графики для измерений по картам, справочные данные (название карты, автор, редактор, использованные источники, издательство, место и год издания и др.).

4. *Дополнительные данные* – карты-врезки, профили, текстовые и цифровые данные, диаграммы, графики, фотографии, таблицы, которые поясняют, дополняют и обогащают картографическое изображение.

Классификация карт:

- По охвату территории различают карты Солнечной системы и звездного неба, карты планет (в т.ч. и Земли), полушарий, материков и океанов, стран, республик, областей и других административных единиц; карты природных и экономических районов, отдельных территорий (туристско-экскурсионных районов, заповедников, населенных пунктов и т.п.).

- По масштабу различают карты: крупномасштабные, имеющие масштаб 1:200000 и крупнее; среднемасштабные – с масштабом мельче 1:200000 и до 1:1000000 включительно и мелкомасштабные, у которых масштаб мельче 1:1000000.

- По назначению выделяют карты учебные, справочные, агитационно-пропагандистские. Справочные карты в зависимости от характера задач, решаемых с их помощью, подразделяют на научно-справочные, военные, туристские и др.

- По содержанию карты подразделяются на:

- ✓ Общегеографические – карты, которые передают внешний вид земной поверхности и некоторые особенности объектов, расположенных на местности. Они дают основные сведения о местности и

широко используются в практике и научных исследованиях для ее изучения, установления закономерностей в распределении различных элементов Земли и связанных с ними природных и социально-экономических особенностей местности, для проведения картометрических работ различного характера, а также как основа для создания разнообразных тематических карт.

✓ Тематические карты отражают размещение разнообразных природных и социально-экономических явлений с их качественными и количественными особенностями. На тематических картах один или несколько элементов, входящих в содержание общегеографических карт, показаны с большой подробностью и глубиной, с отображением их специфических свойств.

*План* – условно-знаковый чертеж небольшого участка местности в крупном масштабе (1:5000 и крупнее), построенный без учета кривизны земной поверхности. Масштаб плана постоянен во всех точках.

Различия плана и карты:

1. На географических картах показывается вся поверхность Земли или большие, крупные ее части, а планы составляются на небольшие участки местности (например, школьный участок, поселок). Изображение на картах дается в сильно уменьшенном виде. Уменьшение на планах значительно меньше, чем на картах. Планы имеют крупные масштабы. Поэтому на планах даны такие подробности, какие нельзя дать на карте.

2. На плане показаны точные очертания предметов местности, а на карте даже крупные объекты изображаются в обобщенном виде.

3. При построении планов кривизну шарообразной поверхности Земли не учитывают и считают, что участки поверхности, которые изображаются на планах, являются плоскостью. При построении карт кривизну земной поверхности всегда учитывают.

4. На картах всегда вычерчивают параллели и меридианы, а на планах – нет. На планах направление на север показывают стрелкой с обозначением север–юг. На картах направление север–юг определяют меридианы, а направление запад – восток – параллели.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. С помощью чего можно ориентироваться на местности?
2. Что такое географические полюса, экватор, параллели, меридианы?
3. Что представляют собой численный, именованный и линейный масштаб?
4. Какое значение имеют карты для человеческой деятельности?
5. Чем отличается план от карты?

## ТЕМА 23

### ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ЗЕМЛИ

1. Внутреннее строение Земли.
2. Возраст Земли.
3. Состав и строение литосферы.
4. Концепции развития литосферы.
5. Общие сведения о рельефе.

#### 1. Внутреннее строение Земли

Земля на ранних этапах формирования представляла собой холодное космическое тело, содержащее все известные в природе химические элементы. Атмосферы и гидросферы тогда не существовало, поверхность планеты была совершенно безжизненна. Но постепенно за счет гравитационных сил, энергии распада радиоактивных элементов и лунных приливов недра Земли стали разогреваться. Когда температура недр достигла уровня плавления окислов железа и других соединений, начались активные процессы формирования ядра и основных оболочек планеты.

Земля, как и другие планеты, имеет оболочечное строение. Установить внутреннее строение Земли удалось сейсмическим методом исследования. При прохождении сквозь тело Земли сейсмических волн (продольных и поперечных) скорости их на некоторых глубинных уровнях заметно меняются скачкообразно, что свидетельствует об изменении свойств проходящей волнами среды.

Во внутреннем строении Земли выделяют земную кору, мантию и ядро (рис. 38).

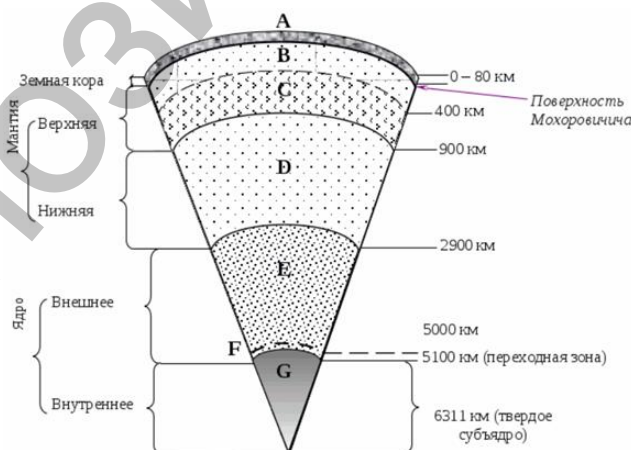


Рисунок 38 – Внутреннее строение Земли.

**Земная кора** – первая оболочка твердого тела Земли, имеет мощность 30-40 км. По объему она составляет 1,2% объема Земли, по массе – 0,4%, средняя плотность равна  $2,7 \text{ г/см}^3$ . Состоит преимущественно из гранитов; осадочные

породы в ней имеют подчиненное значение. От мантии земная кора отделена сейсмическим разделом, названным *границей Мохо*, по фамилии сербского геофизика А. Мохоровичича (1857-1936), открывшего этот «сейсмический раздел». Эта граница четкая и наблюдается во всех местах Земли на глубинах от 5 до 90 км. Поверхность Мохо считают нижней границей земной коры.

**Мантия** по объему составляет 83% объема Земли и 68% ее массы. Плотность вещества возрастает до  $5,7 \text{ г/см}^3$ . На границе с ядром температура увеличивается до  $3800^\circ\text{C}$ , давление – до  $1,4 \times 10^{11} \text{ Па}$ . Выделяют верхнюю мантию до глубины 900 км и нижнюю – до 2900 км. В верхней мантии на глубине 150-200 км присутствует астеносферный слой. *Астеносфера* – слой пониженной твердости и прочности в верхней мантии Земли. Астеносфера – основной источник магмы, в ней располагаются очаги питания вулканов и происходит перемещение литосферных плит.

**Ядро** занимает 16% объема и 31% массы планеты. Температура в нем достигает  $5000^\circ\text{C}$ , давление –  $37 \times 10^{11} \text{ Па}$ , плотность –  $16 \text{ г/см}^3$ . Ядро делится на внешнее (до глубины 5100 км) и внутреннее. Внешнее ядро – расплавленное, состоит из железа или металлизированных силикатов, внутреннее – твердое, железоникелевое.

От плотности вещества зависит масса небесного тела, масса определяет размеры Земли и силу тяжести. Наша планета имеет достаточные размеры и силу тяжести, она удержала гидросферу и атмосферу. В ядре Земли происходит металлизация вещества, обуславливая образование электрических токов и магнитосферы.

## 2. Возраст Земли

Можно выделить несколько этапов в развитии Земли:

1. Стадия первоначального сгустка материи в материнском пылегазовом облаке.

2. Стадия небольшой планеты (сравнимой по объему с нынешним Меркурием), уже способной удерживать вокруг себя постоянную газовую оболочку. Зачатки тектонической деятельности (источники энергии: распад радиоактивных веществ и, возможно, начало гравитационной дифференциации). Выделение с изверженными породами газов  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ , и включение их в состав первичной атмосферы.

3. Земля достигает современных размеров. Ее внешняя каменная оболочка, вероятно, базальтового состава. Накопление неживого органического вещества и развитие его в сторону образования высокомолекулярных соединений.

4. Появление доклеточных форм жизни. Организмы только гетеротрофные.

5. Появление одноклеточных организмов и возникновение автотрофных живых существ. Обогащение атмосферы свободным кислородом и азотом за счет жизнедеятельности микроорганизмов.

Возраст Земли примерно 4–6 млрд. лет (табл. 22).

Таблица 22

| Геохронологическая шкала |                                       |                                             |            |                     |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|------------|---------------------|
| Эон                      | Эра<br>Продолжительность              | Период                                      | Эпоха      | Начало<br>в млн лет |
| Фанерозой                | <b>Кайнозой</b><br>65,5 миллионов лет | Антропоген                                  | Голоцен    | 2,0                 |
|                          |                                       |                                             | Плейстоцен |                     |
|                          |                                       | Неоген                                      | Плиоцен    | 23,03               |
|                          |                                       |                                             | Миоцен     |                     |
|                          |                                       | Палеоген                                    | Олигоцен   | 65,5                |
|                          |                                       |                                             | Эоцен      |                     |
|                          |                                       |                                             | Палеоцен   |                     |
|                          | <b>Мезозой</b><br>185,5 миллионов лет | Мел                                         |            | 145,5               |
|                          |                                       | Юра                                         |            | 199,6               |
|                          |                                       | Триас                                       |            | 251,0               |
|                          | <b>Палеозой</b><br>291 миллионов лет  | Пермь                                       |            | 299,0               |
|                          |                                       | Карбон                                      |            | 359,2               |
|                          |                                       | Девон                                       |            | 416,0               |
|                          |                                       | Силур                                       |            | 443,7               |
|                          |                                       | Ордовик                                     |            | 488,3               |
|                          |                                       | Кембрий                                     |            | 542,0               |
| Докембрий                | <b>Протерозой</b>                     | <b>Неопротерозой</b><br>458 миллионов лет   | Эдиакарий  | 630                 |
|                          |                                       |                                             | Криоген    | 850                 |
|                          |                                       |                                             | Тоний      | 1 000               |
|                          |                                       | <b>Мезопротерозой</b><br>600 миллионов лет  | Стений     | 1 200               |
|                          |                                       |                                             | Энтазий    | 1 400               |
|                          |                                       |                                             | Калимий    | 1 600               |
|                          |                                       | <b>Палеопротерозой</b><br>900 миллионов лет | Статерий   | 1 800               |
|                          |                                       |                                             | Орозирий   | 2 050               |
|                          |                                       |                                             | Риасий     | 2 300               |
|                          |                                       |                                             | Сидерий    | 2 500               |
|                          | <b>Архей</b>                          | <b>Неоархей</b><br>300 миллионов лет        |            | 2 800               |
|                          |                                       | <b>Мезоархей</b><br>400 миллионов лет       |            | 3 200               |
|                          |                                       | <b>Палеоархей</b><br>400 миллионов лет      |            | 3 600               |
|                          |                                       | <b>Эоархей</b>                              |            | 3 800               |
|                          | <b>Катархей</b>                       |                                             |            | 4 700               |

### 3. Состав и строение литосферы

**Литосфера** – каменная оболочка Земли, образованная земной корой и частью верхней мантии. Мощность ее составляет 150–200 км, ограничена астеносферой. Только верхняя часть литосферы называется земной корой.

Земная кора сложена горными породами разного состава и происхождения. По происхождению горные породы подразделяют на:

- *магматические породы* образуются в недрах Земли в условиях высоких температур и давлений в результате кристаллизации магмы. Они составляют 95 % массы вещества, слагающего земную кору (гранит, базальт, вулканический туф и др.).

- *осадочные породы* образуются на земной поверхности различными путями: из продуктов разрушения пород, образовавшихся ранее (пески, галечники); за счет жизнедеятельности организмов (известняки, мел, ракушечник); глинистые (глины), химические (каменная соль, гипс).

- *метаморфические породы* образуются в результате превращения пород другого происхождения (магматических, осадочных) под воздействием различных факторов: высокой температуры и давления в недрах, контакта с породами другого химического состава и т.д. (гнейсы, кристаллические сланцы, мрамор и др.).

В земной коре – верхней части литосферы – обнаружено 90 химических элементов, но только 8 из них широко распространены и составляют 97,2%: кислород – 49%, кремний – 26, алюминий – 7,5, железо – 4,2, кальций – 3,3, натрий – 2,4, калий – 2,4, магний – 2,4%.

По строению и мощности выделяют четыре типа земной коры, которые соответствуют четырем наиболее крупным формам поверхности Земли.

Первый тип называется *материковым*, его мощность 30–40 км, под молодыми горами она увеличивается до 80 км. Этот тип земной коры соответствует в рельефе материковым выступам (включается подводная окраина материка). Наиболее распространено деление ее на три слоя: осадочный, гранитный и базальтовый.

Второй тип земной коры – *переходный, или геосинклинальный* – соответствует переходным зонам (геосинклиналям). Расположены переходные зоны у восточных берегов материка Евразии, у восточных и западных берегов Северной и Южной Америки. Имеют следующее классическое строение: котловина окраинного моря, островные дуги и глубоководный желоб. Под котловинами морей и глубоководными желобами нет гранитного слоя, земная кора состоит из осадочного слоя повышенной мощности и базальтового. Гранитный слой появляется только в островных дугах. Средняя мощность геосинклинального типа земной коры 15–30 км.

Третий тип – *океаническая* земная кора, соответствует ложу океана, мощность коры 5–10 км. Имеет двухслойное строение: первый слой – осадочный, второй слой – базальтовый.

Четвертый тип – *рифтогенная* земная кора, характерна для срединно-океанических хребтов, ее мощность 1,5–2 км. В срединно-океанических хребтах близко к поверхности подходят породы мантии. Мощность осадочного слоя 1–2 км, базальтовый слой в рифтовых долинах выклинивается.

#### 4. Концепции развития литосферы

До настоящего времени нет единого представления о путях развития литосферы. Существует несколько тектонических концепций.

Представители *фиксизма* исходят из утверждения о фиксированном положении континентов на поверхности Земли и преобладании вертикальных движений в тектонических деформациях пластов земной коры. Сторонники *мобилизма* (от лат. – подвижный) доказывают, что блоки литосферы движутся и первостепенную роль отводят горизонтальным движениям. Основные идеи мобилизма были сформулированы А. Вегенером (1880–1930) как гипотеза дрейфа материков. Новые данные, полученные во второй половине XX в., позволили развить это направление до современной теории *неомобилизма*, объясняющей динамику процессов в земной коре дрейфом крупных литосферных плит.

Согласно гипотезе А. Вегенера, до верхнего палеозоя земная кора была собрана в материк Пангею, окруженную водами океана Панталласса (частью этого океана было море Тетис). В мезозое начались расколы и дрейф (плавание) отдельных ее глыб (материков).

Разработанный позднее вариант гипотезы мобилизма допускает существование в прошлом двух гигантских пра-материков – Лавразии и Гондваны. Из первой образовались Северная Америка и Азия, из второй – Южная Америка, Африка, Антарктида и Австралия, Аравия и Индостан.

Важнейшее отличие современной тектоники плит (новая глобальная тектоника) от гипотезы А. Вегенера состоит в том, что у А. Вегенера материки двигались по веществу, которым сложено океаническое дно, в современной же теории в движении участвуют плиты, в состав которых входят участки и суши и дно океана; границы между плитами могут проходить и по дну океана, и по суше, и по границам материков и океанов.

Основные положения новой глобальной тектоники состоят в следующем:

1. Литосфера Земли, включающая кору и самую верхнюю часть мантии, подстилается более пластичной, менее вязкой оболочкой – астеносферой.

2. Литосфера разделена на ограниченное число крупных, несколько тысяч километров в поперечнике, и среднего размера (около 1000 км) относительно жестких и монолитных плит.

3. Литосферные плиты перемещаются друг относительно друга в горизонтальном направлении; характер этих перемещений может быть: а) раздвиг (спрединг) с заполнением образующегося зияния новой корой океанического типа; б) поддвиг (субдукция) океанской плиты под конти-

нентальную или океаническую с возникновением над зоной субдукции вулканической дуги или окраинно-континентального вулканического пояса; в) скольжение одной плиты относительно другой по вертикальной плоскости.

4. В масштабе планеты в целом спрединг автоматически компенсируется субдукцией, т. е. сколько за данный промежуток времени рождается новой океанической коры, столько же более древней океанической коры поглощается в зонах субдукции, благодаря чему объем Земли остается неизменным.

5. Перемещение литосферных плит происходит под действием конвективных течений в мантии, включая астеносферу.

## 5. Общие сведения о рельефе

**Рельеф** земной поверхности представляет собой совокупность геометрических форм этой поверхности, образующихся в результате сложного взаимодействия земной коры с водной, воздушной и биологической оболочками нашей планеты.

Формы рельефа могут быть *замкнутыми* (холм, западина) или *открытыми* (овраг, балка), *простыми* или *сложными*, *положительными* или *отрицательными*.

Простые формы обычно невелики по размерам, имеют более или менее правильные геометрические очертания, состоят из элементов рельефа. Сложные формы – это комбинация простых форм.

Среди форм рельефа, сформированных экзогенными процессами, различают *аккумулятивные*, образовавшиеся за счет накопления материала, и *денудационные* формы рельефа, сформировавшиеся за счет выноса материала.

В зависимости от размеров выделяют различные формы рельефа: 1) планетарные; 2) мегаформы; 3) макроформы; 4) мезоформы; 5) микроформы и 6) наноформы.

**Планетарные формы** занимают площади в сотни тысяч и миллионы квадратных километров. К планетарным формам рельефа относятся: 1) материки, 2) геосинклинальные пояса (переходные зоны), 3) ложе океана, 4) срединно-океанические хребты.

**Материки** (континенты) – крупнейшие положительные формы рельефа Земли. Большая часть их представляет собой сушу, хотя часть материков находится под водами Мирового океана. Важнейшая особенность материков – сложение земной корой материкового типа.

**Ложе океана** – основная часть дна Мирового океана, лежащая, как правило, на глубине не более 3 км. и характеризующаяся распространением земной коры океанического типа.

**Современные геосинклинальные пояса** располагаются на границе между материками и океанами, хотя и не везде.

*Срединно-океанические хребты* представляют собой крупнейшую горную систему, проходящую через все океаны и существенно отличающуюся от ложа океана строением земной коры.

**Мегаформы** занимают площади в сотни или десятки тысяч квадратных километров. К ним относятся *горные пояса* и *равнинные страны* в пределах материков. Примером мегаформ могут служить впадины Мексиканского залива и Карибского моря, горные системы Альп и Кавказа, Западно-Сибирская равнина и Среднесибирское плоскогорье.

**Макроформы** являются составными частями мегаформ. Площади, занимаемые ими, измеряются сотнями или тысячами (реже десятками тысяч) квадратных километров. К макроформам относятся отдельные *хребты* и *впадины* какой-либо горной страны: например, Главный Кавказский хребет, Куринская низменность.

**Мезоформы** измеряются обычно несколькими квадратными километрами или десятками квадратных километров. Примером таких форм являются *овраги*, *балки*, *долины рек*, *крупные аккумулятивные формы типа барханных цепей или моренных гряд*.

**Микроформы** – это неровности, являющиеся деталями более крупных форм. Таковы, например, *карстовые воронки*, *эрозионные рывины*, *береговые валы*.

К формам **нанорельефа** относятся очень мелкие неровности, осложняющие поверхность макро-, мезо- и микроформ. Таковы, например, *луговые кочки*, *мелкие эрозионные бороздки*, *знаки ряби* на морском дне и на поверхности эоловых форм рельефа.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Охарактеризуйте внутреннее строение Земли.
2. Раскройте основные этапы в истории развития Земли.
3. Какие основные генетические группы горных пород слагают земную кору?
4. Перечислите типы земной коры.
5. В чем сущность основных концепций развития литосферы?
6. Что определяет многообразие форм рельефа?

## ТЕМА 24

### ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ. ФОРМЫ РЕЛЬЕФА, СОЗДАННЫЕ ЭНДОГЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

1. Эндогенные процессы, их проявления в рельефе. Тектонические движения.
2. Вулканизм.
3. Землетрясения.

#### **1. Эндогенные процессы, их проявления в рельефе. Тектонические движения**

*Эндогенные процессы* обуславливают различные типы тектонических движений и связанные с ними деформации земной коры. Они являются причиной землетрясений, магматизма, лежат в основе дифференциальности вещества в недрах Земли и формирования различных типов земной коры, способствуют возникновению разнообразных по морфологии и размерам форм рельефа.

Тектонические движения характеризуются различной направленностью и интенсивностью во времени и в пространстве. По направлению относительно поверхности Земли выделяют вертикальные и горизонтальные движения, по направленности – обратимые (колебательные) и необратимые, по скорости проявления – быстрые (землетрясения) и медленные (вековые), по времени проявления – движения отдаленного геологического прошлого, новейшие (олигоцен-четвертичные) и современные. Все типы геотектонических движений взаимосвязаны.

Под *вертикальными* колебательными движениями миземной коры понимают постоянные, повсеместные, обратимые движения разных масштабов по площади и по амплитуде, не создающие складчатых структур. Вертикальные движения высшего порядка лежат в основе формирования планетарных форм рельефа земной поверхности.

Вертикальные движения более низкого порядка в тектонически спокойных областях (на платформах) образуют синеклизы и антеклизы, которые находят прямое отражение в рельефе в виде мега- и макроформ: низменностей и возвышенностей (Среднерусская возвышенность в основном соответствует Воронежской антеклизе, Прикаспийская низменность – Прикаспийской синеклизе).

Медленные вертикальные движения разного знака происходили в геологическом прошлом и продолжаются в настоящее время. Сейчас медленно поднимается Скандинавия, а побережье Северного моря, наоборот, опускается, из-за чего в Голландии, чтобы спастись от наступления моря (трансгрессии), вынуждены возводить дамбы до 15 м высотой.

*Горизонтальные* движения играют ведущую роль в развитии и формировании прежде всего крупнейших форм рельефа. Так, с континентальными рифтами и горизонтальными перемещениями блоков литосферы в стороны связано раскрытие океанов и передвижение материков и соответ-

ственно изменение их площадей и очертаний. Молодым гигантским расширяющимся рифтом, будущим океаном, считается впадина Красного моря, борта которого смещаются на несколько миллиметров в год от осевой зоны в разные стороны. Столкновением континентальных плит объясняется образование высочайших горных цепей от Кавказа до Гималаев.

На вертикальные и горизонтальные тектонические движения земная кора реагирует деформациями пластов горных пород, приводящими к двум типам дислокаций: *складчатым* – изгибам слоев без нарушения их сплошности и *разрывным*, вдоль которых, как правило, происходит перемещение блоков коры в вертикальном и горизонтальном направлениях. Оба вида дислокаций свойственны подвижным поясам Земли, где образуются горы. Поэтому тектонические движения, приводящие к нарушению первичного горизонтального залегания пород, т. е. к формированию дислокаций, называются орогеническими, создающими горы. Складчатые и разрывные дислокации находят проявление в рельефе.

Складчатые дислокации ярко выражены в геосинклиналях и молодых эпигеосинклинальных областях и практически отсутствуют в верхнем слое платформ. Сравнительно простые выпуклые складки – антиклинали обычно образуют невысокие складчатые хребты, а вогнутые складки – синклинали – межгорные и предгорные впадины.

Крупнейшими формами рельефа Земли, обусловленными разрывной тектоникой, являются *рифты* – глубокие, узкие впадины, ограниченные зонами разломов. Они образуются при растяжении земной коры за счет проседания осевых частей крупных волнообразных вздутий, сформировавшихся под влиянием восходящих мантийных потоков. Им свойственна высокая сейсмичность, вулканическая активность. Рифты есть как на дне океанов, так и на материках.

При вертикальном смещении нескольких блоков земной коры вдоль разломов вверх-вниз на приподнятых участках – *горстах* – образуются глыбовые горы, на опущенных участках – *грабенах* – котловины (рис. 39). Глубокие грабены заняты озерами.

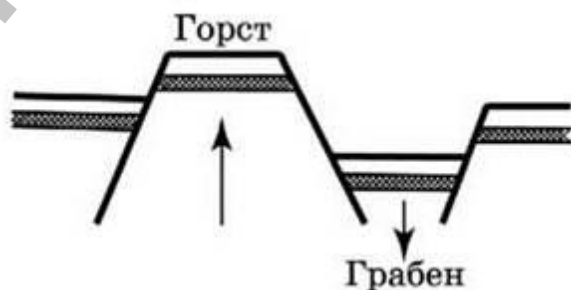


Рисунок 39 – Разломы.

## 2. Вулканизм

Своеобразный рельеф создает вулканизм. *Вулканизм* – это излияние на поверхность земли лавы, выход газов или выброс обломочного материала взрывом газов.

В зависимости от характера выводных отверстий различают площадные, линейные и центральные извержения. Площадные и линейные извержения преобладали в геологическом прошлом. Они образовали ложе океанов, обширные лавовые плато и нагорья (Колумбийское плато, Мексиканское и Эфиопское нагорья и др.). В историческое время значительные излияния лав происходили в Исландии, на Гавайских островах, весьма характерны они и для срединно-океанических хребтов.

Продукты извержения вулканов. Различают газообразные, жидкие и твердые продукты извержения вулканов.

1) *Газообразные (летучие)*: водяной пар, диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), оксид углерода ( $\text{CO}$ ), азот ( $\text{N}_2$ ), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), оксид серы ( $\text{SO}$ ), газообразная сера ( $\text{S}_2$ ), водород ( $\text{H}_2$ ), аммиак ( $\text{NH}_3$ ), и т.д. Состав газов и их концентрация зависят от температуры и от типа земной коры, поэтому они могут меняться в пределах одного вулкана.

2) *Жидкие вулканические* продукты представляют собой лаву, вышедшую на поверхность. Характер эффузивных извержений, форма и протяженность лавовых потоков определяется химическим составом, вязкостью, температурой, содержанием летучих веществ. Наиболее распространены – базальтовые лавы, имеют температуру до  $1100 - 1200^\circ\text{C}$ , низкую вязкость, скорость течения около  $60 \text{ км/ч}$  (образуют лавовые реки или покровы).

3) *Твердые вулканические* продукты образуются при взрывных извержениях. При этом образуются вулканические бомбы (застывшие выбросы жидкой лавы), размером  $6 \text{ см}$  и более. Лапки («шарик») – размеры  $1 - 5 \text{ см}$ . Более мелкие продукты выброса – вулканический песок, пепел и пыль. Последняя разносится на тысячи км. Вулкан Кракатау (между островом Суматра и островом Ява в Зондском проливе), совершив извержение в 1883 году, выбросил тончайшую пыль, которая распространилась в верхних слоях атмосферы на весь земной шар.

В современную геологическую эпоху на континентах наиболее распространены извержения центрального типа, когда магма поднимается по узкому каналу, возникающему обычно на пересечении разломов. При этом образуются конусовидные или щитовидные горы – вулканы с воронкообразным расширением наверху, называемым *кратером*. Форма вулканов зависит от состава магмы, вязкости и быстроты ее застывания. Многие вулканы состоят из рыхлых продуктов извержений, переслаивающихся с застывшей лавой. Это Ключевская Сопка, Фудзияма, Эльбрус, Арарат, Везувий и другие вулканы.

У некоторых потухших вулканов имеются крупные циркообразные впадины с крутыми стенками и ровным дном, называемые *кальдерами*. Они образуются из-за провала вершины вулкана вследствие быстрого опустошения вулканической камеры.

Для мест затухания вулканической деятельности (например, Йеллоустонский национальный парк в США) характерны горячие источники, в том числе периодически фонтанирующие, – *гейзеры*, выбросы газов из кратеров и трещин, грязевые вулканы, которые свидетельствуют об активных процессах в глубине недр.

Современные вулканические процессы распространены вдоль молодых складчатых и тектонических подвижных областей и крупных разломов. Выделяют следующие вулканические пояса:

1. Тихоокеанский пояс («огненное кольцо») – Камчатка, система Курильских, Японских, Филиппинских о-вов, Новую Гвинею, Соломоновы, Ново-Гебридские, Ново-Зеландские о-ва, через море Росса, вулканические острова около Антарктиды, Огненную Землю, Анды, Центральную Америку, вдоль Кордильер и вулканами Алеутских островов.

2. Средиземноморская зона – вулканы Апеннинского п-ова, о. Сицилии, Липарских о-вов, Эгейского моря, п-ова Малой Азии, Кавказа, Иранского нагорья, Зондских о-вов.

3. Атлантическая вулканическая область – о-ва Срединно-Атлантического хребта: Ян-Майен, Исландия, Азорские, Вознесения, Св. Елены, Мадейра, Канарские, Зеленого Мыса, Тристан-да-Кунья и др.

4. Индийская область вулканов – вдоль Срединно-Индийских подводных хребтов и охватывает Коморские о-ва, Мадагаскар, Маврикий, Реюньон, Кергелен, Крозе, Сен-Поль, Амстердам, Принс-Эдуард.

5. Восточно-Африканский пояс проходит вдоль великих Африканских разломов.

Вулканические процессы оказывают влияние на:

- метеорологические явления (вулканический пепел, выброшенный на огромную высоту, разносится воздушными массами, как бы распределяясь по всей тропосфере и тем самым, вызывая ее помутнение и ослабление притока солнечной радиации; в отдельных случаях потеря тепла из-за ослабления радиации вулканической пылью достигает 57-66%);

- поступление в атмосферу углекислоты, необходимой для жизни растений;

- характер гидрографической сети (лавовые потоки, перегораживая реки, неоднократно служили причиной образования озер плотинного типа);

- характер рельефа. Трещинные излияния способствуют нивелировке рельефа. Извержения центрального типа, наоборот, усиливают неровности рельефа: возникают высокие аккумулятивные конусы, образующие в некоторых случаях целые горные цепи (восточное побережье Камчатки).

### 3. Землетрясения.

*Землетрясения* – это сотрясение земной коры, вызванное мгновенной разрядкой напряжений, накапливающихся в разных участках земной коры. Регистрируются землетрясения сейсмографами установленными на сейсмических станциях (в мире их свыше 700). Ежегодно они регистрируют несколько миллионов землетрясений. Среди них около ста разрушительных, одно-два опустошительных.

Одной из причин землетрясений является перемещение тектонических плит под воздействием конвекционных течений, поднимающихся из высокотемпературной мантии. При движении плит навстречу друг другу (например, в районе Красного моря) из-за сопротивления пород в месте разлома накапливается напряжение. Оно растет до тех пор, пока не превысит прочности самих пород. Тогда пласты горных пород разрушаются и резко смещаются. Такое резкое смещение пород называется подвижкой.

Вертикальные подвижки приводят к резкому опусканию или поднятию пород. Обычно смещение составляет лишь несколько сантиметров, но энергия, выделяемая при перемещении миллиардов тонн породы даже на малое расстояние, огромна. Накопленное напряжение в месте подвижки снимается.

Бывают вулканические землетрясения. Лава и раскаленные газы, бурлящие в недрах вулканов, могут толкать и давить на верхние слои земли. Они довольно слабые, но продолжаются долго, иногда месяцами. Сотрясения земли могут быть вызваны обвалами и большими оползнями. Так возникают местные обвальные землетрясения.

За последние десятилетия в числе причин землетрясений появился новый фактор – деятельность человека. Проводя подземные ядерные взрывы, закачивая в недра или извлекая оттуда большое количество воды, нефти или газа, создавая крупные водохранилища, которые своим весом давят на отдельные блоки земной коры, человек, сам того не желая, может вызвать подземные удары.

Место в земной коре или в верхней мантии, где произошло смещение масс, вызвавшее упругие волны в теле Земли, называется гипоцентром (очаг или фокус) землетрясения. Волны от гипоцентра расширяются, постепенно затухая, во все стороны. Они достигают поверхности Земли в области, лежащей над гипоцентром. Область поверхности Земли, где наблюдаются вертикальные удары, называется эпицентром. При увеличении расстояния от эпицентра в два раза энергия очага убывает в 10-12 раз и т.д.

Большая часть эпицентров землетрясений сосредоточена в областях альпийской складчатости и современных геосинклиналей. Выделяют следующие пояса сейсмической активности:

- тихоокеанский пояс, в котором высвобождается около 80 % сейсмической энергии Земли. Начинаясь дугой Алеутских островов, весьма активной в сейсмическом отношении, он тянется длинной полосой по запад-

ному краю Северной, Центральной и Южной Америки и через острова Южная Георгия, Южные Сандвичевы, Южные Оркнейские и Южные Шетландские. Вторая часть обрамляет океан с запада, захватывая острова Новую Зеландию, Кермадек, Тонга, Новые Гебриды, Новую Гвинею, Каролинские, Марианские, Японские, Тайвань, Филиппины, Молуккские, Зондские и полуостров Камчатку. Такое распределение очагов землетрясений свидетельствует о наличии в земной коре и в подкоровой области наклонной поверхности разлома, вдоль которой либо материка надвигаются на океаническое дно, либо подкоровое вещество перемещается от океанического дна под материк.

- европейско-азиатский пояс, на долю которого приходится 15 % сейсмической энергии, выделяемой Землей. Он охватывает Средиземноморский бассейн, Кавказ, Иран, Памир, Тянь-Шань, область Гималаев, горные цепи Бирмы и Китая, а в России от Тянь-Шаня идет по горным системам в Прибайкалье и бассейн Амура.

- атлантический – вдоль Атлантического подводного хребта (от островов Тристан-да-Кунья к Исландии) и далее через Ян-Майен и Шпицберген к устью Лены.

- индийский, совпадающий с расположением подводных хребтов Центрального Индийского и Кергелен-Гауссберг.

- восточноафриканский – в области Восточно-Африканских грабен: от Аденского залива через Красное море, Великие Африканские озера к устью Замбези.

Географические следствия землетрясений: деформации земной поверхности (особенно сильные в рыхлых горных породах: лесс, аллювий и др.); оползни, обвалы, оплывни и снежные лавины; землетрясения на дне моря порождают на поверхности моря особые волны – цунами; иногда вызывают ускорение движения ледников и нарушают также режим подземных вод (исчезают источники или меняется их дебит, свойства, появляются новые источники).

В целом эндогенные процессы выполняют конструктивную роль по отношению к рельефу: при тектонических поднятиях любого генезиса поверхность Земли повышается, рельеф испытывает восходящее развитие, отметки его увеличиваются, что способствует накоплению масс в верхней части земной коры. Очевидно, что эндогенные процессы контролируют характер и интенсивность экзогенных процессов.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Дайте характеристику внутренних рельефообразующих процессов и их роли в формировании крупных форм рельефа.
2. Перечислите основные вулканические пояса Земли.
3. Назовите причины землетрясений.
4. Каковы географические следствия землетрясений?

## ТЕМА 25

### ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ. ФОРМЫ РЕЛЬЕФА, СОЗДАННЫЕ ЭКЗОГЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

1. Общая характеристика экзогенных процессов. Выветривание и денудация.
2. Работа ветра.
3. Работа поверхностных текучих вод.

#### **1. Общая характеристика экзогенных процессов. Выветривание и денудация**

Сложный и разнообразный рельеф на Земле – это всегда результат совместных действий внутренних и внешних процессов. Направления эндогенных и экзогенных процессов противоположны, они вечные «антагонисты». Если внутренние процессы создают все основные неровности на земной поверхности, то экзогенные процессы, накладываясь на них, стремятся их уничтожить, производя разрушение выпуклых форм и накопление материала в вогнутых формах. Деятельность внешних сил направлена в целом на выравнивание поверхности, поэтому рельефообразование справедливо определяют как процесс перемещения вещества на поверхности Земли.

Деятельность любого внешнего фактора складывается из процессов денудации, т. е. разрушения и сноса, и аккумуляции, т. е. отложения материала в понижениях. Денудация бывает линейная и плоскостная. Линейную денудацию, в свою очередь, подразделяют на глубинную и боковую. Глубинная увеличивает густоту и глубину расчленения местности и усиливает контрастность рельефа. Боковая сопровождается расширением отрицательных форм и смягчает рельеф. Плоскостная (площадная) денудация распространяется по всей поверхности и не расчленяет, а, наоборот, повсеместно сглаживает ее. Главная движущая сила денудации – сила тяжести.

Экзогенные процессы, сглаживая и уничтожая крупные неровности земной поверхности, в то же время формируют новые формы рельефа меньшего размера – морфоскульптуру. Но этому предшествует *выветривание* – совокупность процессов физического разрушения и химического преобразования горных пород и минералов на земной поверхности под влиянием различных атмосферных агентов. Оно бывает физическим (механическим), химическим и биологическим.

*Физическое выветривание* – механическое измельчение горных пород и минералов под влиянием резкого колебания температур. Температурное выветривание весьма характерно для тропических пустынь, где большие суточные амплитуды температуры поверхностных пород. Если же температура в течение суток переходит через 0°C, ночью вода в трещинах пород замерзает и, увеличиваясь в объеме, разрушает породу, выветривание называют морозным (оно типично, например, для Восточной Сибири).

*Химическое выветривание* сопровождается изменением химического состава горных пород под влиянием щелочей, солей, кислот, газов, содержащихся в воде и воздухе. Оно весьма характерно для жаркого влажного климата. Физическое и химическое выветривания взаимосвязаны. Например, в жарких пустынях рыхление грунта связано не только с большой суточной амплитудой температуры, но и с солевым выветриванием, обусловленным значительным испарением.

В выветривании горных пород принимают участие и живые организмы, которые производят механические и химические изменения (биологическое выветривание).

В результате выветривания горных пород образуются рыхлые отложения, которые легко переносятся водой, льдом, ветром и т. д. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что сам процесс выветривания рельефообразующим не является – форма поверхности при выветривании не меняется.

Следствия выветривания:

- изменение породы (слагающие породу сложные первичные минералы распадаются на более простые и более активные, которые, в свою очередь, взаимодействуя друг с другом, образует ряд вторичных минералов и т.д.);
- в результате выветривания (химического) вещества переходят в более удобную для переноса форму (перенос продуктов выветривания – необходимая предпосылка образования многих новых горных пород и форм рельефа земной поверхности).

## **2. Работа ветра**

Формы рельефа, обусловленные деятельностью ветра, называют *эоловыми*. Работа ветра складывается из процессов разрушения горных пород в результате *дефляции* – выдувания и развеивания рыхлых частиц и *корразии* – обтачивания пород ветропесчаным потоком, а также транспортировки разрушенного обломочного материала и его аккумуляции.

Ветер действует повсюду на Земле, но для образования эоловых форм рельефа нужно сочетание определенных физико-географических условий: во-первых, засушливый климат, который обуславливает сухость поверхностных горных пород и слабое развитие растительности, которая скрепляет грунты и ослабляет силу ветра; во-вторых, сильные ветры; в-третьих, интенсивное физическое выветривание горных пород.

Такое сочетание природных условий существует в пустынях, поэтому там лучше всего развиты эоловые формы рельефа. Площадь пустынь на Земле оценивается почти в 32 млн км<sup>2</sup>, что составляет около 23% суши, и они имеют тенденцию к увеличению за счет антропогенного опустынивания.

По вещественному составу поверхностных отложений и по морфологическому облику пустыни делятся на четыре основных типа: песчаные, каменистые, глинистые и солончаковые (последние образуют вкрапления среди других).

Разрушительная деятельность ветра и обусловленные им денудационные корразионно-дефляционные формы рельефа развиты полнее всего в каменистых пустынях – в горах и нагорьях, на плоскогорьях, плато и на цокольных равнинах. Каменистые пустыни сложены глыбами, щебнем, галькой, гравием. Они широко развиты на нагорьях и плато Сахары, в Центральной Азии (Гоби и др.), на нагорьях и плато Северной Америки, на Западно-Австралийском плоскогорье и др.

К денудационным формам относятся карнизы и ниши выдувания, грибовидные скалы, колонны, котлы и котловины выдувания. В большинстве случаев это микро- и мезоформы рельефа.

Разрушаемые ветром скалы имеют весьма причудливые формы. Грибовидные скалы и другие столообразные формы возникают на месте изолированных выступов вследствие большой корродирующей силы ветропесчаного потока над землей, поскольку в нем содержится много твердых частиц. Этому благоприятствует определенное сложение пород, при котором податливые породы залегают внизу, а плотные, бронирующие слои – сверху. Более интенсивному разрушению пород внизу способствует также значительная суточная амплитуда температур в приземном слое воздуха и разъедающее действие солевых растворов, поднимающихся по капиллярам из подстилающего грунта.

Помимо столообразного облика, денудационные формы могут иметь вид колонн, арок, напоминать силуэты животных, людей в зависимости от строения и состава пород. Ветер выбирает слабые породы, образуя на их месте бороздки, ямки, желобки, ниши, и обособляет крепкие породы.

В песчаных пустынях развиты аккумулятивные эоловые формы рельефа. Пески в пустынях разного происхождения. В зависимости от этого у них различный механический и минералогический состав, разные физические и химические свойства, специфические водно-грунтовые условия.

Общая особенность аккумулятивных форм рельефа пустынь – их большая динамичность по сравнению с дефляционно-корразионными формами.

Эоловые формы рельефа песчаных пустынь весьма разнообразны. Простейшей формой является холмик – коса, образовавшийся за счет скопления песка у какого-нибудь препятствия, например у куста растения. При достаточном насыщении ветропесчаного потока холмик растет и превращается в бархан – подвижный асимметричный бугор с пологим наветренным и крутым подветренным склонами, между которыми из-за завихрений воздуха образуется острый гребень.

Барханы передвигаются в направлении господствующего ветра путем пересыпания песка с наветренного склона на подветренный и достигают скорости перемещения до 50–60 м/год, иногда больше.

В случае интерференции ветров разных направлений и наличия большого количества песка возникают пирамидальные дюны. Это холмы

высотой до сотни метров с острой вершиной и несколькими радиально расходящимися гребнями. Они известны в Сахаре и Средней Азии.

Помимо того что ветер является важнейшим фактором образования эоловой морфоскульптуры, с ним связывают вынос пыли из пустынь и образование в периферийных областях лёссовых отложений. Лёсс – пылевая, пористая порода. Лёсс широко распространен на юге Восточно-Европейской равнины, где служит субстратом для образования черноземов, в Средней и Центральной Азии, на Центральных равнинах Северной Америки и Австралии.

В настоящее время в разных районах Земли происходит дефляция почв (ветровая эрозия) в виде пыльных бурь – явление, когда верхний слой гумусового горизонта почв срывается сильными ветрами, образуя в воздухе непроницаемую завесу. Частицы почвы откладываются за десятки километров от места сноса в понижениях или перед препятствиями, где стихает сила ветра. Ветровой эрозии благоприятствуют такие природные факторы, как сухой климат, сильные ветры, безлесье, большая пылесборная площадь, податливые грунты, равнинность территории. Велика роль и антропогенного воздействия – дефляции способствует значительная распашанность территории и несоблюдение противоэрозионных мероприятий.

Вред ветровой эрозии велик: уничтожение почвы, посевов в местах выдувания и отложение наносов, засыпание пылью лугов и пастбищ, водоемов и оросительных систем, путей сообщения и селений, загрязнение воздуха, ухудшение быта и здоровья людей.

### **3. Работа поверхностных текучих вод**

Поверхностные текучие воды – самый распространенный экзогенный фактор на суше. Геоморфологические процессы, осуществляемые поверхностными текучими водами, и создаваемые ими формы рельефа называют **флювиальными**.

Водные потоки (деятельность текучих вод) производят разрушительную работу, перенос материала и аккумуляцию. Разрушительная работа водотоков называется эрозией. В результате работы водотоков создаются выработанные (эрозионные) и аккумулятивные формы рельефа. Размыв и аккумуляция сменяют друг друга во времени и в пространстве. Эрозионно-аккумулятивный процесс – единый процесс, происходящий в природе.

Эрозионным процессам способствуют разные природные факторы: климатические условия, свойства почвогрунтов, общий характер рельефа, неотектонические движения. Особенно важны – значительное количество осадков, ливневой характер их выпадения, большие запасы воды в снежной толще, температурный режим, определяющий интенсивность и продолжительность снеготаяния.

Из свойств почвогрунтов эрозии способствуют водопроницаемость и структура. Например, пески впитывают воду и тем самым «гасят» эрозию,

а суглинки, наоборот, способствуют смыву и размыву почво-грунтов. Прочная зернистая структура черноземов, хорошо пропускает воду и задерживает эрозионные процессы, а пылеватая структура подзолов после дождей способствует образованию на поверхности почв водоупорной корки, которая способствует плоскостной эрозии. Среди горных пород наименьшей устойчивостью к размыву обладают лессовые толщи, мощность которых местами превышает 200 м. Например, Лёссовое плато в бассейне р. Хуанхэ почти полностью разрушено водной эрозией.

Существуют нормальная (естественная) и антропогенная (ускоренная) эрозии. Нормальная эрозия, возбуждаемая естественными процессами, делится на плоскостную (поверхностную, площадную) эрозию, в этом случае идет смыв почвогрунта с вершины к подножию склона, без образования линейных форм на склоне, и линейную – с образованием линейных форм на склоне. В линейной эрозии выделяют овражно-балочную (работу производит временный водоток) и речную.

Антропогенная эрозия возбуждается деятельностью человека, скорость ее намного превышает естественную эрозию. Внутри антропогенной выделяют сельскохозяйственную (пахотную, пастбищную садовую и т.д.), городскую, промышленную, дорожную и военную.

К эрозионным формам рельефа, созданным временными водотоками, относятся эрозионная борозда, рытвина (промоина), овраг, балка.

Постоянные водотоки формируют речные долины. *Речные долины* – линейно вытянутые отрицательные формы рельефа, созданные постоянными водотоками – реками. Основными формами рельефа в них являются русло, пойма, террасы.

*Русло* – наиболее пониженная часть речной долины, по которой течет река в межень. Основная работа реки – перемещение воды и наносов с возвышенных участков суши в водоемы – океаны, моря, озера и формирование поймы. Крупные наносы перемещаются вниз по течению рек в влеколом состоянии в виде гряд, у которых верхний откос (обращенный вверх по течению) пологий, а низовой – крутой. Поэтому рельеф речного русла представлен чередующимися перекатами – крупными грядами наносов, к которым приурочены самые мелкие участки русла, и расположенными между ними глубокими участками – плесами.

Речные русла по своей конфигурации бывают извилистыми, разветвленными и относительно прямолинейными, а также промежуточными, с элементами разных типов. Форма русел определяется характером русловых деформаций и сама задает их. На равнинах в условиях свободного развития русловых деформаций наиболее распространены извилистые, или меандрирующие, реки. Они представлены следующими друг за другом излучинами. Излучины бывают разной формы и характеризуются радиусом кривизны и коэффициентом извилистости.

Блуждание русла по дну речной долины приводит к формированию на ее днище поймы. *Пойма* – приподнятое над меженным уровнем и покрытое растительностью дно речной долины, созданное в процессе блуждания реки по дну долины и затопляемое во время половодья.

*Надпойменные террасы* – полого наклоненные к реке площадки, ограниченные уступами, на склонах речных долин, протягивающиеся вдоль реки. В их строении принимают участие аллювиальные отложения. Это бывшие поймы, вышедшие из-под влияния реки во время половодья в результате усиления глубинной эрозии. Надпойменных террас в речной долине может быть несколько. Счет террас ведется снизу, от более молодых к более древним. Над поймой возвышается первая надпойменная терраса, выше – вторая и т. д. Относительная высота террас отсчитывается от меженного уровня реки.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Дайте общую характеристику экзогенных процессов и их роли в формировании мелких форм рельефа Земли.
2. Перечислите виды выветривания.
3. Охарактеризуйте эоловые формы рельефа.
4. Какие формы рельефа создаются под действием текучих вод?

## ТЕМА 26

### ГЛАВНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

1. Рельеф океанического дна.
2. Горы.
3. Равнины.

#### 1. Рельеф океанического дна

В рельефе дна океана выделяют четыре геотектуры. Три геотектуры полностью располагаются в пределах дна океана: ложе океана, переходная зона, срединно-океанические хребты; последняя – подводная окраина материка – представляет собой часть геотектуры – материкового выступа.

1. *Подводная окраина материков* состоит из трех ступеней: материковой отмели, или шельфа, материкового склона и материкового подножия. Шельф – продолжение сухопутных низменностей, имеет ровный рельеф, глубины в среднем 200 м. Материковый склон сильно расчленен. Сверху вниз он спускается уступами или своеобразными террасами, а вдоль склона изрезан глубокими ложбинами или каньонами (глубина вреза достигает 2000 м). Материковое подножие снова равнинно, поскольку сложено рыхлыми наносами, снесенными с материка, шельфа и склона. Подводная окраина материка имеет материковый тип земной коры и генетически представляет собой единое целое с материковым выступом.

2. Переходная зона состоит из котловины окраинного моря, островной дуги и глубоководного желоба. Переходный характер названных областей проявляется в том, что здесь взаимопроникают океаническая и материковая земная кора. В этих полосах, действительно преобразуется древняя океаническая земная кора в молодую материковую, происходит рост континентов за счет океанов. Примером может служить Курильская переходная зона: котловиной окраинного моря является наиболее глубокая часть Охотского моря, островная дуга представлена Курильскими островами, рядом располагается Курильский желоб.

Современная тектоническая активность переходных областей выражается в вулканизме и сейсмичности. В настоящее время известно 35 глубоководных желобов, 28 из них – в Тихом океане (Марианский – 11022, Курило-Камчатский – 10542, Кермадек – 10047, Алеутский – 7822 м, Центрально-Американский – 6662 м). В Атлантическом океане глубоководные желоба также сопровождают островные дуги: желоб Пуэрто-Рико – 8383 м и Южно-Сандвичев – 8037 м. В Индийском океане – Яванский желоб – глубиной 7450 м.

3. За материковым подножием или за переходной зоной следует собственно *океаническое дно* (ложе океана), сложенное земной корой океанического типа и соответствует в структурном отношении океаническим платформам. Наибольшее распространение, особенно в Тихом океане,

имеют холмистые равнины, рельеф которых осложнен подводными горами, цепями вулканических гор и отдельных вулканов. Для океанического дна характерна единая планетарная система срединных океанических хребтов, которые вероятно представляют собой пояса современного горообразования, геосинклинали внутри океанов.

Система срединных океанических хребтов включает сплошное кольцо поднятий в южном полушарии на широтах от  $40^{\circ}$  до  $60^{\circ}$  ю.ш. От него на север отходят три хребта, простирающиеся меридионально в каждом океане: Срединно-Атлантический, Центрально-Индийский, Южно-Тихоокеанский и хребет Гаккеля.

Срединные океанические хребты представляют собой своеобразные геологические структуры занимающие промежуточное положение между материками и глубоководным ложе океана (общая их протяженность 60000 км). Вдоль по оси они разбиты глубокой долиной трещинного происхождения, или рифтом, поэтому и сами хребты часто называются рифтовыми. Хребтам соответствует рифтогенный тип земной коры.

4. Глубоководные абиссальные равнины – днища абиссальных котловин. Одни из них имеют волнистый рельеф с амплитудой до 1000 м, другие плоские.

## 2. Горы

*Горы* (горные страны) — это обширные, высоко приподнятые над окружающей местностью, сильно и глубоко расчлененные участки земной коры со складчатой или складчато-глыбовой структурой. Длина гор – сотни и тысячи километров, высота – до нескольких километров, глубина расчленения – сотни и тысячи метров. Горные страны состоят из отдельных горных хребтов и разделяющих их межгорных долин и котловин.

*Горный хребет* – линейно вытянутое поднятие с наклоненными в противоположные стороны склонами. Самая высокая часть хребта на пересечении склонов называется гребнем. Вдоль него располагаются повышения – вершины и понижения – седловины. Наиболее низкие и широкие, относительно доступные седловины используются как перевалы, по ним проложены дороги.

По абсолютной высоте принято деление гор на три основные группы: низкие – до 1000 м (Средний Урал и др.), средневысотные – 1000–3000 м (Карпаты и др.), высокие – более 3000 м (Кавказ и др.), среди которых иногда выделяют высочайшие – свыше 5000–5500 м (Тянь-Шань и др.). Низкие горы обычно характеризуются округлыми вершинами, пологими склонами, их разделяют сравнительно широкие речные долины. Для высоких и высочайших гор типичны остроконечные вершины, обычно покрытые снегами и ледниками, крутые склоны, между хребтами – узкие, глубокие речные долины. Средневысотные горы обладают переходными внешними чертами. Однако конкретный облик гор зависит не только от

высоты, но и от их происхождения, тектонической структуры, вещественного состава горных пород, различных склоновых процессов, местоположения в климатическом поясе во время оледенений и в настоящее время от других факторов. Самые высокие горы – Гималаи с вершиной Эверест (Джомолунгма) – 8848 м.

По геологическому возрасту, т. е. времени образования складчатой структуры гор различают: дорифейской складчатости, байкалиды, каледониды, герциниды, мезозоиды, альпиды.

По происхождению различают горы *вулканические* и *тектонические*. На дне океанов основными горами являются вулканические срединно-океанические хребты и изолированные вулканические горы. На суше наиболее распространены тектонические горы, образование которых связано со складчатыми и разрывными деформациями земной коры при поднятии территории. В связи с этим их делят по строению (тектонической структуре) на два основных типа: складчатые и глыбовые (сбросовые). Безусловно, различаются они и по рельефу.

*Складчатые горы* – молодые горы, образовавшиеся на месте геосинклиналей во время альпийской эпохи складкообразования. Отличаются большой высотой, чередованием хребтов с крутыми склонами, совпадающих обычно с антиклиналями, и узких долин, соответствующих синклиналям (Альпы, Кавказ, Гималаи).

*Складчато-глыбовые горы* называют возрожденными, так как после своего возникновения в одну из древнейших эпох складкообразования они были относительно выровнены под воздействием выветривания и денудации, а затем под влиянием неотектонических движений подверглись омоложению. Хребты, достигающие очень значительных высот (свыше 7000 м на Тянь-Шане), плосковершинны – следы древнего выравнивания. Другими словами, это бывшие платформенные равнины, раздробленные на глыбы, одни из которых взброшены вверх, другие опущены (Тянь-Шань, Саяны, горы Забайкалья, Урал).

*Вулканические горы* формируются при извержении вулканов и накоплении вулканических осадков (вулканы Гавайских островов).

*Эрозионные горы* образуются в результате эрозионного расчленения участка поверхности, сложенного горизонтально залегающими горными породами и поднятого на большую высоту.

Морфоструктурными элементами горных стран являются также нагорья, плоскогорья и предгорья.

*Нагорья* – обширные горные поднятия с единым массивным складчатым основанием и с возвышающимися над ним хребтами-горстами и широкими межгорными впадинами – грабенами. Таким образом, нагорья – это комплекс разных морфоструктур. Самое высокое и обширное нагорье Тибет. Среди нагорий много вулканических, например Эфиопское, Мексиканское и др.

*Плоскогорья* – это обширные участки земной коры, резко приподнятые по разломам до 1000 м и более над окружающими равнинами, с преобладанием слабоволнистых междуречий, значительно расчлененные глубокими, узкими речными долинами, особенно в краевых частях.

*Предгорья* – пониженные окраинные части горных стран, постепенно переходящие к прилегающим равнинам. Они обычно интенсивно расчленены реками.

В горах между хребтами, а иногда поперек них располагаются на разных высотных уровнях *межгорные долины* и *котловины*. Долины закладываются обычно по осям вогнутых складок или по тектоническим разломам, а котловины – на месте срединных массивов. Межгорные долины и котловины используются ледниками и реками.

### **3. Равнины**

*Равнины* – обширные участки земной поверхности с малыми (до 200 м) колебаниями высот и незначительными уклонами.

Равнины занимают 64% площади суши. В тектоническом отношении они соответствуют более или менее устойчивым платформам, не проявлявшим существенной активности в новейшее время, независимо от их возраста – древние они или молодые. Большинство равнин на суше расположено на древних платформах (42%).

По абсолютной высоте поверхности различают равнины отрицательные – лежащие ниже уровня Мирового океана (Прикаспийская), низменные – от 0 до 200 м высоты (Амазонская, Причерноморская, Индо-Гангская низменности и др.), возвышенные – от 200 до 500 м (Среднерусская, Валдайская, Приволжская возвышенности и др.). К равнинам относят также плато (высокие равнины), которые, как правило, располагаются выше 500 м и отчленяются от прилегающих к ним равнин уступами (например, Великие равнины в США и др.). От высоты равнин и плато зависит глубина и степень расчленения их речными долинами, балками и оврагами: чем выше равнины, тем интенсивнее они расчленены.

По внешнему облику равнины могут быть плоскими, волнистыми, холмистыми, ступенчатыми, а по общему уклону поверхности – горизонтальными, наклонными, выпуклыми, вогнутыми.

По геологическому строению и истории развития равнины делятся на аккумулятивные, пластовые, денудационные и цокольные.

*Аккумулятивные равнины* имеют хорошо развитый осадочный чехол, полностью скрывающий докембрийский и эппалеозойский складчатый фундамент платформ и приурочены к синеклизам. Подобные участки платформ принято называть плитами (Амазонская, Великие равнины). Выступы складчатого фундамента на поверхности аккумулятивных равнин отражают возвышенности и низменности.

*Пластовые равнины* также имеют два структурных этажа – складчатый фундамент и осадочный чехол. Однако мощность осадочного чехла намного меньше, чем у аккумулятивных равнин. Образовались пластовые равнины на территории, испытавшей небольшое погружение. Значительные площади Восточно-Европейской и Северо-Американской платформ относятся к пластовым равнинам.

*Денудационные равнины* свойственны тем платформам или их участкам, которые на протяжении почти всей своей истории испытывали тенденцию к поднятию. Они приурочены к антеклизам и щитам. Поверхность денудационных равнин представляет нижний складчатый этаж платформ, имевший в далеком прошлом горный рельеф, а затем разрушенных процессами выветривания.

Равнины, возникающие на щитах древних и молодых платформ, называют *цокольными*. Они сложены твердыми кристаллическими породами, смятыми в складки. По внешнему облику это холмистые или волнистые равнины с остаточными возвышениями типа сопок. Это Казахский мелко-сопочник, равнины юго-западной Африки и др.

Плоскогорья характерны для платформ с длительно выраженной тенденцией к поднятию. Это крупные приподнятые участки суши со сглаженными волнистыми водоразделами и глубоко расчлененным эрозией горным рельефом вблизи рек (Среднесибирское плоскогорье, размещающееся в пределах докембрийской Сибирской платформы; Бразильское, Декан, Восточно-Африканское).

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Дайте характеристику основным структурам океанического дна.
2. Дайте определение понятию «горы» и их классификацию по разным признакам.
3. Дайте определение понятию «равнины» и их классификацию по разным признакам.
4. Какова связь главных форм рельефа со структурными элементами земной коры?

## ТЕМА 27

### АТМОСФЕРА, ЕЕ СОСТАВ И СТРОЕНИЕ

1. Происхождение, состав атмосферы.
2. Строение атмосферы.
3. Значение атмосферы.

#### 1. Происхождение, состав атмосферы

*Атмосфера* – воздушная оболочка Земли, удерживаемая силой притяжения и участвующая во вращении планеты. Нижней границей атмосферы является поверхность Земли, верхней границей условно принята высота 1000-1200 км. Масса атмосферы составляет  $5,13 \times 10^{15}$  т, причем 99% этого количества содержится в нижнем слое до высоты 36 км.

Атмосфера, как и планета в целом, вращается против часовой стрелки с запада на восток. Из-за вращения она приобретает форму эллипсоида, т.е. толщина атмосферы у экватора больше, чем вблизи полюсов. Атмосфера связана с другими геосферами тепловлагообменом. Энергией атмосферных процессов служит электромагнитное излучение Солнца.

**Развитие атмосферы.** Водород и гелий наиболее распространенные элементы в космосе, входящие в состав протопланетного газопылевого облака, из которого возникла Земля. Вследствие очень низкой температуры этого облака самая первая земная атмосфера состояла из водорода и гелия, т.к. все другие элементы вещества, из которого слагалось облако, были в твердом состоянии. Такая атмосфера наблюдается у планет-гигантов, очевидно, из-за большого притяжения планет и удаленности от Солнца они сохранили первичные атмосферы.

Затем последовал разогрев Земли: тепло порождалось гравитационным сжатием планеты и распадом внутри ее радиоактивных элементов. Земля потеряла водородно-гелиевую атмосферу и создала свою собственную вторичную атмосферу из газов, выделившихся из ее недр (углекислый газ, аммиак, метан, сероводород). Кислород отсутствовал. Подобные атмосферы наблюдаются у Марса и Венеры, они на 95% состоят из углекислого газа.

Следующий этап развития атмосферы – переходный от абиогенного к биогенному. Главными составными частями газовой оболочки Земли стали азот, углекислый газ, в качестве побочных примесей – аммиак, кислород. Кислород возникал из молекул воды в верхних слоях атмосферы под действием ультрафиолетовых лучей Солнца.

Последний этап развития азотно-кислородной атмосферы связан с появлением жизни на Земле и, с возникновением механизма фотосинтеза. Содержание кислорода – биогенного – стало возрастать. Параллельно с этим атмосфера почти полностью потеряла двуокись углерода, часть которого вошла в огромные залежи угля и карбонатов.

В современной атмосфере главную роль играют азот и кислород, а в качестве примесей присутствуют аргон и углекислый газ.

*Атмосферный воздух* – механическая смесь газов, в которой во взвешенном состоянии содержатся пыль и вода. Чистый и сухой воздух на уровне моря представляет собой смесь нескольких газов, причём соотношение между главными составляющими атмосферу газами – азотом (объемная концентрация 78,08%) и кислородом (20,95%) – постоянно. Кроме них, в атмосферном воздухе содержатся другие газы (табл. 22).

Таблица 22

**Газовый состав атмосферы**

| Газ            | Объемная концентрация, % |
|----------------|--------------------------|
| азот           | 78,08                    |
| кислород       | 20,95                    |
| аргон          | 0,93                     |
| углекислый газ | 0,03                     |
| неон           | 0,0018                   |
| гелий          | 0,0005                   |
| криптон        | 0,0001                   |
| водород        | 0,00005                  |
| ксенон         | 0,000009                 |

Важнейшими компонентами атмосферы являются озон и углекислый газ. Озон ( $O_3$ ) присутствует в атмосфере от поверхности Земли до высоты 70 км. В приземных слоях воздуха он образуется, в основном, под влиянием атмосферного электричества и в процессе окисления органических веществ, а в более высоких слоях атмосферы – в результате воздействия ультрафиолетовой радиации Солнца на молекулы кислорода. Основная масса озона находится в стратосфере. Слой максимальной концентрации озона на высоте 20–25 км получил название озонового экрана. В целом, озоновый слой поглощает около 13 % солнечной энергии. Снижение концентрации озона, над определенными районами получило название «озоновых дыр».

Углекислый газ вместе с водяным паром вызывает парниковый эффект атмосферы. *Парниковый эффект* – нагрев внутренних слоев атмосферы, объясняющийся способностью атмосферы пропускать коротковолновое излучение Солнца и не выпускать длинноволновое излучение Земли. Если бы углекислого газа в атмосфере было бы в два раза больше, средняя температура Земли достигла бы 18°C, сейчас она равна 14–15°C.

В воздухе много твердых частиц, диаметр которых составляет доли микрона. Они являются ядрами конденсации. Без них было бы невозможно образование туманов, облаков, выпадение осадков. Пути поступления их в атмосферу различны: вулканический пепел, дым при сжигании топлива,

пыльца растений, микроорганизмы. В последнее время ядрами конденсации служат промышленные выбросы, продукты радиоактивного распада.

Важной составной частью атмосферы является водяной пар, количество его во влажных экваториальных лесах достигает 4%, в полярных районах снижается до 0,2%. Водяной пар поступает в атмосферу вследствие испарения с поверхности почвы и водоемов, а также транспирации влаги растениями. Водяной пар является парниковым газом, вместе с углекислым газом он удерживает большую часть длинноволнового излучения Земли, предохраняя планету от охлаждения.

## 2. Строение атмосферы

Атмосфера имеет слоистое строение, причем основные черты ее структуры обусловлены, прежде всего, закономерностями распределения температуры по вертикали. На основании осредненного распределения температур была разработана схема строения идеальной «средней атмосферы» (рис. 40).

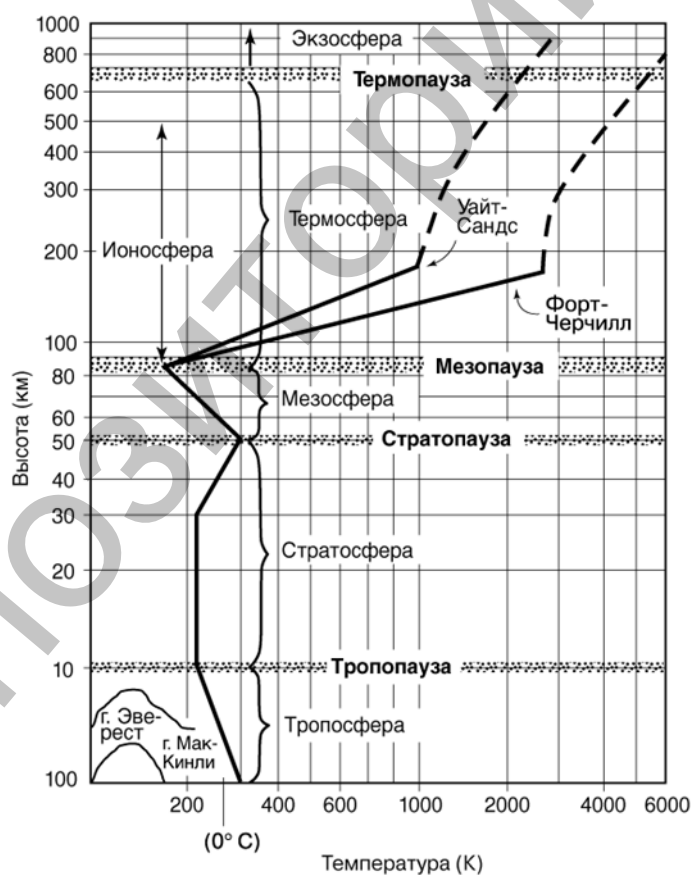


Рисунок 40 – Изменение температуры с высотой в атмосфере.

Самый приближенный к земной поверхности атмосферный слой – *тропосфера* – отличается закономерным убыванием температуры с высо-

той (в среднем на  $6^{\circ}\text{C}$  на 1 км) и интенсивным турбулентным перемешиванием воздушной толщи. Мощность тропосферы изменяется от 8–10 км в полярных широтах до 16–18 км над экватором, испытывая при этом сезонные колебания. В тропосфере содержится до 80% всей массы воздуха, основное количество атмосферных примесей и практически весь водяной пар. Именно в этой части атмосферы на высоте 10–12 км образуются облака, возникают грозы, дожди и другие физические процессы, формирующие погоду и определяющие климатические условия в разных областях нашей планеты. Нижний слой тропосферы, примыкающий непосредственно к земной поверхности называют приземным слоем.

Над тропосферой расположен переходный слой (тропопауза), отделяющий её от стратосферы.

Выше начинается *стратосфера*, которая простирается до высоты 50–55 км от поверхности океана или суши. Этот слой атмосферы значительно разрежен, количество кислорода и азота уменьшается, а водорода, гелия и других легких газов увеличивается. Образующийся здесь озоновый слой поглощает ультрафиолетовую радиацию и сильно влияет на тепловые условия поверхности Земли и физические процессы в тропосфере. В нижней части стратосферы температура воздуха постоянна, здесь располагается изотермический слой. Начиная с высоты 22 км, температура воздуха повышается, на верхней границе стратосферы она достигает  $0^{\circ}\text{C}$  (повышение температуры объясняется наличием здесь озона, поглощающего солнечную радиацию). В стратосфере происходят интенсивные горизонтальные перемещения воздуха. Скорость воздушных потоков достигает 300–400 км/ч. В стратосфере содержится менее 20% воздуха атмосферы.

Слой атмосферы, находящийся на высотах от 55 до 80 км, получил название мезосферы. В этом слое температура воздуха с высотой уменьшается и вблизи верхней границы падает до  $-80^{\circ}\text{C}$ . Над ней находится ещё один переходный слой – мезопауза, выше которой располагается отличающаяся ростом температуры термосфера.

Между 80–800 км расположена *термосфера*, в составе которой преобладают гелий и водород (температура воздуха быстро растет с высотой и достигает  $1000^{\circ}\text{C}$  на высоте 800 км). Мезосфера и термосфера вместе образуют мощный слой, называемый *ионосферой* (область заряженных частиц – ионов и электронов). В ионосфере возникают полярные сияния – свечение разреженных газов под влиянием электрически заряженных летящих от Солнца частиц.

Самая верхняя, сильно разреженная часть атмосферы (от 800 до 1200 км) составляет *экзосферу*. В ней температура повышается до  $2000^{\circ}\text{C}$ . Этот слой еще называют сферой рассеивания, так как частицы газов движутся здесь с большой скоростью и могут рассеиваться в космическое пространство.

### 3. Значение атмосферы

Именно благодаря атмосфере стало возможно зарождение и существование жизни на нашей планете. Современные животные не могут обходиться без кислорода, а большинство растений, водорослей и цианобактерий – без углекислого газа. Кислород используется животными для дыхания, углекислый газ – растениями в процессе фотосинтеза, благодаря чему создаются необходимые растениям для жизнедеятельности сложные органические вещества, такие как, разнообразные соединения углерода, углеводы, аминокислоты, жирные кислоты.

Важной для нормальной жизнедеятельности организмов на Земле является роль атмосферы как защитника нашей планеты от ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца, космических лучей, метеоров. Подавляющую часть излучения задерживают верхние слои атмосферы – стратосфера и мезосфера, в результате чего проявляются такие электрические явления, как полярные сияния. Остальная, меньшая часть излучения, рассеивается.

Атмосфера служит регулятором сезонных колебаний температур и сглаживания суточных, предотвращая Землю от чрезмерного нагревания днём и охлаждения ночью. Атмосфера, благодаря наличию в её составе водяного пара, углекислого газа, метана и озона, легко пропускает солнечные лучи, нагревающие её нижние слои и подстилающую поверхность, но задерживает обратное тепловое излучение от земной поверхности в виде длинноволновой радиации. Эта особенность атмосферы называется парниковым эффектом. Без него суточные колебания температур нижних слоёв атмосферы достигали бы колоссальных величин: до 200°C и сделали бы невозможным существование жизни в том виде, в котором мы её знаем.

При наличии атмосферы на планете возможен круговорот воды в природе, выпадение осадков и образование облаков. Круговорот воды – это процесс циклического перемещения воды в пределах земной биосферы, состоящий из процессов испарения, конденсации и осадков.

Благодаря атмосфере на нашей планете возможно распространение звуков и возникновение аэродинамической подъёмной силы. На планетах лишенных или имеющих атмосферу малой мощности царит мертвая тишина.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Укажите состав воздуха атмосферы и значение ее основных газов для географической оболочки.
2. Дайте сравнительную характеристику слоев атмосферы.
3. Каково значение атмосферы для географической оболочки?

## ТЕМА 28

### ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРЫ. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ. ВОДА В АТМОСФЕРЕ

1. Радиационный режим атмосферы.
2. Тепловой режим атмосферы.
3. Атмосферное давление.
4. Ветер.
5. Вода в атмосфере.

#### 1. Радиационный режим атмосферы

*Солнечная радиация* – источник энергии всех процессов, совершающихся в атмосфере и многих – на земной поверхности. Она коротковолновая и состоит из невидимой ультрафиолетовой радиации – 9%, видимой световой – 47% и невидимой инфракрасной – 44%. Так как почти половина солнечной энергии представляет собой видимый свет, Солнце служит не только источником тепла, но и света, что является необходимым условием на Земле.

В атмосфере солнечная радиация на пути к поверхности Земли частично поглощается, а частично рассеивается и отражается от облаков и земной поверхности. В атмосфере наблюдаются три вида солнечной радиации: прямая, рассеянная и отраженная.

Радиацию, поступающую на Землю непосредственно от солнечного диска в виде пучка солнечных лучей, называют *прямой солнечной радиацией*. На верхнюю границу атмосферы приходит только прямая радиация. Около 30 % падающей на Землю радиации отражается в космическое пространство. Кислород, азот, озон, диоксид углерода, водяные пары (облака) и аэрозольные частицы поглощают 23 % прямой солнечной радиации в атмосфере. Озон поглощает ультрафиолетовую и видимую радиацию. Несмотря на то, что его содержание в воздухе очень мало, он поглощает всю ультрафиолетовую часть радиации (это примерно 3 %). Таким образом, у земной поверхности ее вообще не наблюдается, что очень важно для жизни на Земле.

Прямая солнечная радиация на пути сквозь атмосферу также рассеивается. Частица (капля, кристалл или молекула) воздуха, находящаяся на пути электромагнитной волны, непрерывно «извлекает» энергию из падающей волны и переизлучает ее по всем направлениям, становясь излучателем энергии. *Рассеяние* радиации – это преобразование прямой солнечной радиации, падающей в одном направлении, в радиацию, идущую по всем направлениям. Рассеивается около 26 % прямой радиации; 2/3 рассеянной радиации достигает поверхности земли.

Приходящую к земной поверхности солнечную радиацию – прямую и рассеянную – называют *суммарной* радиацией.

Суммарная радиация, падая на земную поверхность, большей частью поглощается верхним слоем почвы или более толстым слоем воды (поглощенная радиация) и переходит в тепло, а частично отражается (отраженная радиация).

*Альбедо* – это отношение отраженной радиации к суммарной, выраженное в процентах.

Альбедо зависит от отражающей поверхности: у влажного чернозема или низинного торфа – до 5 %, сухого светлого песка – до 40, леса, луга, поля от 10 до 25%, свежевыпавшего снега – до 90, лежалого – 50 %. Альбедо водной поверхности меняется в зависимости от высоты солнца над горизонтом, волнения на море и изменяется от 5 до 70 %, облаков – от 10 до 80 %. Планетарное альбедо Земли оценивают в 30 %.

Поглощая радиацию, Земля сама становится источником излучения. Тепловое излучение Земли – *земная радиация* – является длинноволновым, т.к. длина волны зависит от температуры: чем выше температура излучающего тела, тем короче длина волны испускаемых им лучей. Излучение земной поверхности нагревает атмосферу и она сама начинает излучать радиацию в мировое пространство (встречное излучение атмосферы) и к земной поверхности. Встречное излучение атмосферы тоже длинноволновое. В атмосфере встречаются два потока длинноволновой радиации – излучение поверхности (земная радиация) и излучение атмосферы. Разность между ними, определяющая фактическую потерю теплоты земной поверхностью, называется *эффективным излучением*, оно направлено в Космос, т.к. земное излучение больше. Эффективное излучение больше днем и летом, т.к. зависит от нагрева поверхности. Эффективное излучение зависит от влажности воздуха: чем больше в воздухе водяных паров или капелек воды, тем излучение меньше (поэтому зимой в пасмурную погоду всегда теплее, чем в ясную).

Земля одновременно получает радиацию и отдает ее. Разность между получаемой и расходуемой радиацией называется *радиационным балансом*, или *остаточной радиацией*. Приход радиационного баланса поверхности составляет суммарная радиация и встречное излучение атмосферы. Расход – отраженная радиация и земное излучение. Разность между земным излучением и встречным излучением атмосферы – эффективное излучение имеет знак минус и является частью расхода в радиационном балансе.

Радиационный баланс распределяется зонально: уменьшается от экватора к полюсам. Наибольший радиационный баланс свойственен экваториальным широтам и составляет 330-420 кДж/см<sup>2</sup> в год, в тропических широтах он снижается до 250-290 кДж/см<sup>2</sup> в год (объясняется возрастанием эффективного излучения), в умеренных широтах радиационный баланс уменьшается до 210-85 кДж/см<sup>2</sup> в год, в полярных широтах его величина приближается к нулю. Общая особенность радиационного баланса в том,

что над океанами на всех широтах радиационный баланс выше на 40-85 кДж/см<sup>2</sup>, т.к. альбедо воды и эффективное излучение океана меньше.

Радиационный баланс атмосферы отрицательный, а поверхности – положительный. Суммарный радиационный баланс атмосферы и земной поверхности равен нулю, т.е. Земля находится в состоянии лучистого равновесия.

## 2. Тепловой режим атмосферы

Атмосферный воздух незначительно нагревается непосредственно солнечными лучами, т.к. воздушная оболочка свободно пропускает солнечные лучи. Атмосфера нагревается от подстилающей поверхности. Теплота в атмосферу передается конвекцией, адвекцией и конденсацией водяного пара. Слои воздуха, нагреваясь от почвы, становятся более легкими и поднимаются вверх, а более холодный, следовательно, более тяжелый воздух опускается вниз. В результате тепловой *конвекции* идет прогревание высоких слоев воздуха. Второй процесс передачи теплоты – *адвекция* – горизонтальный перенос воздуха. Роль адвекции заключается в передаче теплоты из низких в высокие широты, в зимний сезон тепло передается от океанов к материкам. *Конденсация* водяного пара – важный процесс, осуществляющий передачу теплоты высоким слоям атмосферы – при испарении теплота забирается от испаряющей поверхности, при конденсации в атмосфере эта теплота выделяется.

С высотой температура убывает. Изменение температуры воздуха на единицу расстояния называется вертикальным температурным градиентом, в среднем он равен 0,6°С на 100 м.

В распределении температуры по вертикали нередко наблюдаются исключения. Бывает, что верхние слои воздуха теплее нижних, прилегающих к земле. Явление это называется температурной инверсией (увеличение температуры с высотой). Чаще всего инверсия является следствием сильного охлаждения приземного слоя воздуха, вызванного сильным охлаждением земной поверхности в ясные тихие ночи, преимущественно зимой. При пересеченном рельефе холодные массы воздуха медленно стекают вдоль склонов и застаиваются в котловинах, впадинах и т.п. Инверсии могут образовываться и при движении воздушных масс из теплых областей в холодные, так как при натекании подогретого воздуха на холодную подстилающую поверхность его нижние слои заметно охлаждаются (инверсия сжатия).

**Суточный и годовой ход температуры воздуха.** Суточным ходом температуры воздуха называется изменение температуры воздуха в течение суток – максимум наступает в 14 часов, минимум после восхода солнца.

Суточная амплитуда температуры воздуха (разница между максимальной и минимальной температурами воздуха в течение суток) выше на суше, чем над океаном; уменьшается при движении в высокие широты, (наибольшая в тропических пустынях – до 40°С) и, возрастает в местах с

оголенной почвой. Величина суточной амплитуды температуры воздуха – это один из показателей континентальности климата. В пустынях она намного больше, чем в районах с морским климатом.

Годовой ход температуры воздуха (изменение среднемесячной температуры в течение года) определяется, прежде всего, широтой места. *Годовая амплитуда температуры воздуха* – разница между максимальной и минимальной среднемесячными температурами.

Географическое распределение температуры воздуха показывают с помощью *изотерм* – линий, соединяющих на карте точки с одинаковыми температурами. Распределение температуры воздуха зонально, годовые изотермы в целом имеют субширотное простирание.

В среднем за год самой теплой параллелью является  $10^{\circ}\text{с.ш.}$  с температурой  $27^{\circ}\text{C}$  – это *термический экватор*. Летом термический экватор смещается до  $20^{\circ}\text{с.ш.}$ , зимой – приближается к экватору на  $5^{\circ}\text{с.ш.}$  Смещение термического экватора в северном полушарии объясняется тем, что там площадь суши, расположенная в низких широтах, больше по сравнению с южным полушарием, а она в течение года имеет более высокие температуры.

Тепло по земной поверхности распределено зонально-регионально. Помимо географической широты на распределение температур на Земле влияют: характер распределения суши и моря, рельеф, высота местности над уровнем моря, морские и воздушные течения.

Широтное распределение годовых изотерм нарушают теплые и холодные течения. В умеренных широтах северного полушария западные берега, омываемые теплыми течениями, теплее восточных берегов, вдоль которых проходят холодные течения. Следовательно, изотермы у западных берегов изгибаются к полюсу, у восточных – к экватору.

Средняя годовая температура северного полушария  $+15,2^{\circ}\text{C}$ , а южного полушария  $+13,2^{\circ}\text{C}$ . Минимальная температура в северном полушарии достигала  $-68^{\circ}\text{C}$  (Оймякон и Верхоянск). В южном полушарии минимальные температуры гораздо ниже; на станции «Восток» была отмечена температура  $-89,2^{\circ}\text{C}$ . Самые высокие температуры наблюдаются в пустынях тропического пояса, в Триполи  $+58^{\circ}\text{C}$ , в Калифорнии, в Долине Смерти, отмечена температура  $+56,7^{\circ}\text{C}$ .

На Земле выделяют следующие тепловые пояса (за границы тепловых поясов приняты изотермы):

1. Жаркий, ограничен в каждом полушарии годовой изотермой  $+20^{\circ}\text{C}$ , проходящий вблизи  $30^{\circ}\text{с. ш.}$  и ю.ш.
2. Два умеренных пояса, которые в каждом полушарии лежат между годовой изотермой  $+20^{\circ}\text{C}$  и  $+10^{\circ}\text{C}$  самого теплого месяца (соответственно июля или января).
3. Два холодных пояса, граница проходит по изотерме  $0^{\circ}\text{C}$  самого теплого месяца. Иногда выделяют области вечного мороза, которые располагаются вокруг полюсов.

### 3. Атмосферное давление

Воздух, окружающий Землю, имеет значительную массу и поэтому оказывает давление на земную поверхность.

*Нормальным атмосферным давлением* называется давление столба ртути высотой 760 мм сечением в  $1 \text{ см}^2$  при температуре  $0^\circ\text{C}$  на уровне моря на широте  $45^\circ$ . Нормальное атмосферное давление равно 760 мм ртутного столба или 1013,25 мб. Давление в СИ измеряется в паскалях (Па): 1 мб = 100 Па. Нормальное атмосферное давление равно 1013,25 гПа. Самое низкое давление, которое наблюдалось на Земле (на уровне моря), 914 гПа (686 мм); самое высокое – 1067,1 гПа (801 мм).

Давление атмосферы непрерывно изменяется по вертикали и в горизонтальном направлении. По мере увеличения высоты места давление понижается, так как уменьшается столб воздуха и его плотность. Высота, на которую надо подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на 1 гПа, называется *барической ступенью*. У земной поверхности при давлении 1000 гПа и температуре  $0^\circ\text{C}$  она равна 8 м/гПа. С ростом температуры и увеличением высоты над уровнем моря она возрастает, т. е. она прямо пропорциональна температуре и обратно пропорциональна давлению. Величина, обратная барической ступени, – *вертикальный барический градиент*, т. е. изменение давления при поднятии или опускании на 100 метров. При температуре  $0^\circ\text{C}$  и давлении 1000 мб он равен 12,5 гПа.

Пространственное распределение атмосферного давления называют *барическим полем*. Распределение давления по вертикали изображается с помощью *изобар* – линий на карте, соединяющих точки с одинаковым атмосферным давлением.

Изобары могут быть замкнутыми и незамкнутыми (рис. 41). Система замкнутых изобар с пониженным давлением в центре называется *барическим минимумом* или *циклоном*. Система замкнутых изобар с повышенным давлением в центре называется *барическим максимумом* или *антициклоном*. На высоте в циклонах изобарические поверхности, не касающиеся поверхности Земли, прогнуты вниз в виде воронок и образуют замкнутые понижения, а в антициклонах, наоборот, выгнуты вверх в виде замкнутых куполов. Кроме замкнутых барических систем, у Земли и в тропосфере выделяются незамкнутые системы: ложбины, гребни и седловины. *Ложбина* – связанная с циклоном и вытянутая от его центра к периферии полоса пониженного давления, расположенная между двумя областями повышенного давления. *Гребень* – связанная с антициклоном и вытянутая от его центра к периферии полоса повышенного давления, расположенная между двумя областями пониженного давления. *Седловина* – участок барического поля между двумя циклонами и антициклонами, расположенными крест-накрест.

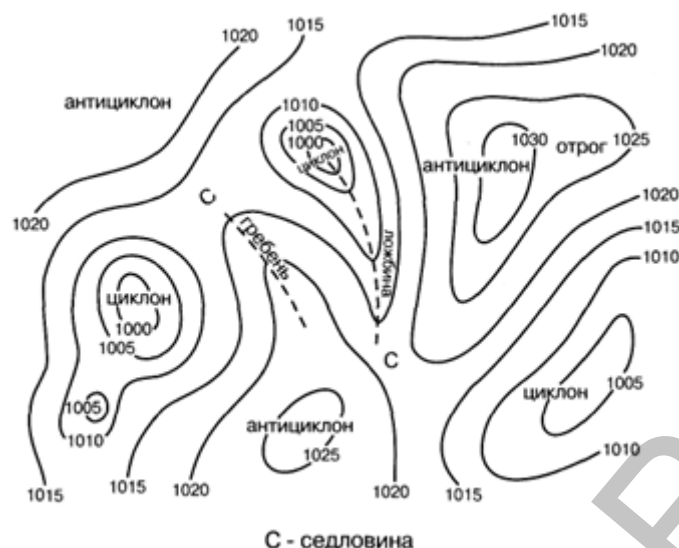


Рисунок 41 – Барические системы.

В распределении атмосферного давления у земной поверхности существует зональность.

Обобщенная планетарная схема распределения давления такова: вдоль экватора формируется пояс пониженного давления; к северу и к югу от него в обоих полушариях на широтах  $30-40^\circ$  – пояса повышенного давления; в умеренных широтах  $50-70^\circ$  – пояса пониженного давления; в приполярных широтах – области повышенного давления (рис. 42).

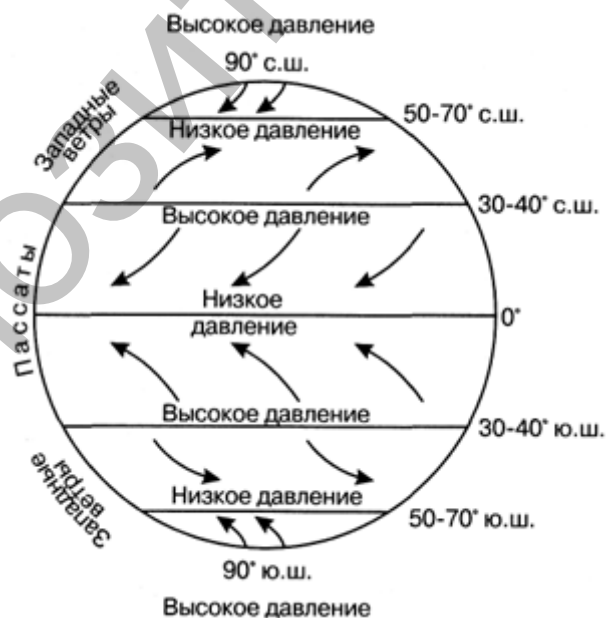


Рисунок 42 – Схема распределения атмосферного давления и ветров

Реальная картина распределения атмосферного давления гораздо сложнее. Зональность давления нарушается вследствие неравномерного

распределения материков и океанов с их разными условиями нагревания и охлаждения по сезонам года. Это приводит к тому, что в каждом поясе барическое поле распадается на статистически устойчивые области повышенного и пониженного давления, оконтуренные замкнутыми изобарами. Они называются *центрами действия атмосферы*. Одни из них *постоянные*, существующие в течение всего года, другие – *сезонные*, существующие только зимой или летом.

*Пояс пониженного давления* протягивается вдоль всего экватора и развит весь год (экваториальная депрессия). Ось его в среднем проходит близ термического экватора ( $10^{\circ}$  с.ш.). В июле она смещается к северу, особенно далеко (вплоть до  $30^{\circ}$  с.ш.) в Южной Азии. Здесь, над сильно нагретыми материками, образуется Южно-Азиатский (Переднеазиатский) барический минимум с давлением в центре до 995 гПа с ложбиной в сторону Сахары. Второй, менее значительный по величине – Мексиканский минимум. В январе ось экваториального пояса пониженного давления смещается к югу от экватора примерно до  $15^{\circ}$  ю.ш., где над нагретыми материками образуются Южно-Американский, Южно-Африканский и Австралийский барические минимумы.

В *субтропических* ( $30\text{--}40^{\circ}$ ) *широтах* находятся пояса повышенного давления. Летом, когда материки оказываются теплее океанов, давление над ними становится пониженным. Над относительно холодными океанами высокое давление летом не только сохраняется, но даже увеличивается (до 1025 гПа) по сравнению с зимой – образуются барические максимумы. В северном полушарии это Северо-Атлантический (Азорский) максимум и Северо-Тихоокеанский (Гавайский) максимум; в южном полушарии – Южно-Тихоокеанский, Южно-Атлантический и Южно-Индийский максимумы. Так что в течение всего года повышенное давление в этих широтах наблюдается лишь над океанами.

В *умеренных субполярных* ( $50\text{--}70^{\circ}$ ) *широтах* в южном полушарии, над океаническими просторами, в течение всего года существует сплошной пояс пониженного давления (985–990 гПа) вокруг Антарктиды, на фоне которого выделяется несколько обособленных барических минимумов. В северном полушарии в этих широтах сплошная зона пониженного давления и над сушей, и над океанами обнаруживается лишь летом. Зимой барическая обстановка здесь резко меняется. Над охлажденными материками – Евразией и Северной Америкой, где скапливается холодный тяжелый воздух, образуются два барических максимума. Один из них – Азиатский с давлением в центре над Монголией до 1040 гПа, второй максимум – Северо-Американский (Канадский).

Над незамерзающими океанами давление зимой становится весьма низким. Здесь формируются ярко выраженные барические минимумы: в Атлантическом океане – Исландский (в центре давление 995 гПа), в Тихом океане – Алеутский (1000 гПа).

В *полярных широтах* весь год повышенное давление. Особенно хорошо выражена область высокого давления над Антарктидой – Антарктический максимум. В Арктике давление тоже повышенное, но незначительно. Лишь над ледяной Гренландией обрисовывается слабо выраженная область повышенного давления (более 1000 гПа) – Гренландский максимум.

#### 4. Ветер

Неравномерное распределение давления у земной поверхности вызывает перемещение воздуха. Движение воздуха в горизонтальном направлении называется *ветром*. Ветер всегда дует из области повышенного давления в область пониженного давления. Как всякое движение, ветер имеет две характеристики: скорость и направление.

*Скорость ветра* – количество метров, проходимое воздухом в секунду (м/с). На метеорологических станциях ее определяют флюгером Вильда и анеморумбометром. Иногда скорость ветра, т. е. его силу, оценивают визуально в баллах (по двенадцатибалльной шкале Бофорта).

На скорость ветра влияет разница в давлении, трение и плотность воздуха. Разность давления определяется *горизонтальным барическим градиентом* – изменение давления (падение давления на 1 гПа) на единицу расстояния (100 км) в сторону уменьшения давления и перпендикулярно изобарам. Чем больше разница в давлении, т. е. горизонтальный барический градиент, тем сильнее ветер. Трение уменьшает скорость ветра, поэтому с увеличением высоты над земной поверхностью ветер сильнее. На высоте ветер усиливается и из-за меньшей там плотности воздуха. Скорость ветра учитывается в повседневной жизни, особенно при строительстве высотных сооружений, например телебашен, труб и пр.

*Направление ветра* определяется по той стороне горизонта, откуда дует ветер. Оно обычно определяется по 16 румбам: северный, северо-северо-восточный, северо-восточный и т. д. Направление ветра зависит от направления горизонтального барического градиента, отклоняющего действия вращения Земли, и от трения. Ветер всегда направлен перпендикулярно к изобаре в сторону убывающего давления. Но при движении воздуха сразу проявляется сила Кориолиса, в результате чего ветер отклоняется от первоначального направления: вправо – в северном полушарии, влево – в южном. Отклонение сильнее при больших скоростях и увеличивается от экватора к полюсам. При этом скорость ветра и отклонение его над водой больше, чем над сушей, где они снижены из-за неровностей земной поверхности.

Чтобы охарактеризовать ветровой режим местности, т. е. скорость или направление ветров, надо взять их осредненные значения за длительное время и построить диаграмму – *розу ветров*. С помощью розы ветров обычно определяют преобладающее направление ветров за год. Для этого от начала координат откладывают 8 или 16 отрезков по сторонам горизон-

та, длины которых пропорциональны повторяемости ветров соответствующего направления (%). Концы отрезков соединяют ломаной линией. Повторяемость штилей указывают числом в центре диаграммы (рис. 43).

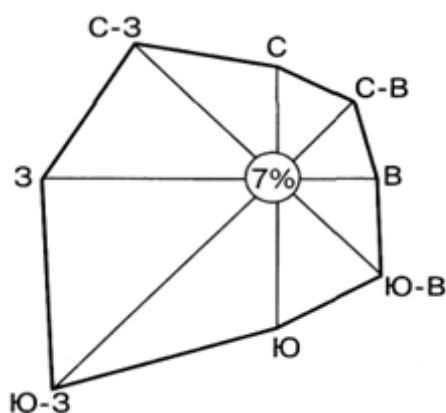


Рисунок 43 – Роза ветров.

**Общей циркуляцией атмосферы** называют совокупность воздушных течений планетарного масштаба или сравнимых по размерам с материками и океанами, захватывающих всю тропосферу и нижнюю стратосферу (до высоты около 20 км) и характеризующихся относительным постоянством. В ее основе лежат постоянные и сезонные воздушные потоки между центрами действия атмосферы.

В нижней тропосфере это основные зональные воздушные течения: *восточные* – пассаты в низких экваториально-тропических широтах, *западные* – в умеренных широтах и *восточные* – в приполярных широтах. Помимо зональных переносов, в нижней тропосфере развиты также *муссоны*, где преобладающее направление ветров как зимой, так и летом ближе к меридиональному, чем к зональному. Кроме того, к воздушным течениям общей циркуляции атмосферы нередко относят ветры, связанные с циклонами и антициклонами внетропических широт, которые обеспечивают междуширотный обмен воздушных масс.

В верхней тропосфере – нижней стратосфере господствуют западный перенос воздуха и так называемые *струйные течения* – плоские (вертикальной мощностью в несколько километров) и сравнительно узкие (первые сотни километров) сильные потоки воздуха протяженностью в тысячи километров со скоростью ветра до 300 км/час.

Атмосферная циркуляция в экваториальных и тропических широтах определяется расположенными здесь экваториальным поясом пониженного давления, тропическими-субтропическими постоянными максимумами над океанами и сезонными зимними максимумами и летними депрессиями над сушей. Циркуляция является весьма устойчивой, т. е. ее повторяемость в соответствующие сезоны года высока. Наиболее постоян-

ными являются здесь *пассаты* – ветры экваториальных периферий субтропических океанических барических максимумов. Они дуют от тропиков к экватору в течение всего года. В северном полушарии они имеют преимущественно северо-восточное направление, а в южном – юго-восточное. Скорость пассатов составляет 5 – 8 м/с. Пассаты – потоки тропического теплого, но относительно сухого воздуха. В полосе пассатов, в конце лета соответствующего полушария, когда вода и воздух над ней максимально нагреты (до 27°C), у западных берегов материков возникают *тропические циклоны*. Это атмосферные вихри малого диаметра (300–400 км) высотой до 12 км, в которых наблюдается мощный подъем нагретого влажного воздуха, сопровождающийся выделением огромного количества энергии. Из-за большого перепада давления внутри циклона им свойственны ураганные ветры до 300 км/ч, хотя скорость их собственного перемещения невелика – всего 10–20 км/ч.

Другими характерными ветрами, определяющими циркуляцию атмосферы в экваториально-тропических широтах, являются *муссоны* – сезонные ветры, меняющие летом и зимой направление на противоположное. Они возникают из-за разного нагрева северного и южного полушарий по сезонам года и соответственно смещения вслед за Солнцем через экватор экваториальной зоны низкого давления. Классическим районом проявления экваториально-тропических муссонов является Южная Азия и Индийский океан к северу от Южного тропика, где отмечаются наибольшие сезонные различия в температуре и давлении. Различия в нагреве полушарий по сезонам года усиливаются здесь за счет «противостояния» суши и океана.

**Циклоны и антициклоны.** В атмосфере при встрече двух воздушных масс с разными характеристиками постоянно возникают крупные атмосферные вихри – циклоны и антициклоны.

*Циклоны* – огромные плоские восходящие воздушные вихри с системой ветров, дующих в северном полушарии против часовой стрелки, а в южном – по часовой стрелке и сходящихся к их центру. У земной поверхности они характеризуются пониженным давлением. С циклонами связаны пасмурная погода, прохладная летом и теплая зимой, и осадки.

С развитием циклонической деятельности связано также возникновение и развитие фронтальных антициклонов. *Антициклоны* – это нисходящие атмосферные вихри, соизмеримые по размерам с циклонами, с приземной областью высокого давления, с антициклонической системой ветров от центра к периферии по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой – в южном. С антициклонами связана безоблачная сухая погода, жаркая летом, морозная зимой.

Благодаря ветрам циклонов и антициклонов наблюдается обмен между широтами теплом и влагой. В областях повышенного давления преобладают токи воздуха сверху вниз – воздух сухой, облаков нет; в областях пониженного давления – снизу вверх – образуются облака, выпадают осад-

ки. Внедрение теплых воздушных масс называется «волнами тепла». Перемещение тропических воздушных масс в умеренные широты летом вызывает засуху, зимой – сильные оттепели. Внедрение арктических воздушных масс в умеренные широты – «волны холода» – вызывает похолодание.

*Местными ветрами* называют ветры, имеющие локальное распространение. Они возникают в связи с географическими особенностями территории: наличием больших водоемов, специфической орографией региона и др.

К местным ветрам различного происхождения относят бризы, горно-долинные ветры, ветры склонов, ледниковые ветры, фен, бора.

*Бризы* – ветры по берегам морей, крупных озер и рек, дважды в сутки меняющие направление на противоположное: дневной бриз дует с водоема на берег, ночной бриз – с берега на водоем. Бризы обусловлены суточным ходом температуры и соответственно давления над сушей и водой. Днем, когда суша нагрета сильнее, над ней возникает восходящее движение воздуха и отток его наверху в сторону более холодного. В приземных слоях ветер дует в сторону суши, это дневной (морской) бриз. Ночной (береговой) бриз возникает ночью. Когда суша охлаждается сильнее, чем вода, и в приземном слое воздуха ветер дует с суши на море.

*Горно-долинные ветры* и *ветры склонов* в горах обладают суточной периодичностью: днем ветер дует вверх по долине и по горным склонам, ночью, наоборот, охлажденный более тяжелый воздух спускается вниз. Дневной подъем воздуха приводит к образованию кучевых облаков над склонами гор, ночью облачность исчезает вследствие опускания и адиабатического нагревания воздуха.

*Ледниковые (стоковые) ветры* – это холодные ветры, постоянно дующие со стороны горных ледников вниз по склонам и долинам. Они обусловлены выхолаживанием воздуха надо льдом. Их скорость 5–10 м/с, но по краям покровных ледников на побережьях Антарктиды и Гренландии может увеличиваться до 20 м/с. Мощность стоковых воздушных потоков составляет несколько десятков или сотен метров. Они интенсивнее ночью, так как усиливаются ветрами склонов.

*Фён* – теплый, сухой, порывистый ветер, дующий с гор в долины или предгорья. При фёне температура у подножия с подветренной стороны гор за несколько часов может подняться на десятки градусов, а относительная влажность – понизиться до 10–20%.

*Бора* – сильный, холодный, порывистый ветер, дующий с низких гор в сторону относительно теплого моря. Возникает бора зимой, когда перед хребтом, на равнине, образуется область повышенного давления, где формируется холодный воздух. Перевалив невысокий хребет, холодный воздух устремляется с большой скоростью в сторону теплой бухты, где давление низкое, скорость может достигать 30 м/с, температура воздуха резко падает до  $-5^{\circ}\text{C}$ .

**Понятие о воздушных массах.** Тропосфера не может быть физически однородной во всех своих частях. Она разделяется, не переставая быть единой и цельной, на *воздушные массы* – крупные объемы воздуха тропосферы и нижней стратосферы, обладающие относительно однородными свойствами и движущиеся как единое целое в одном из потоков общей циркуляции атмосферы. Размеры воздушной массы сопоставимы с частями материков, протяженность тысячи километров, мощность – 22–25 км.

По отношению к температуре подстилающей поверхности воздушные массы делят на теплые и холодные. Теплая воздушная масса перемещается на холодную подстилающую поверхность, она приносит потепление, но сама охлаждается. Холодная воздушная масса приходит на теплую подстилающую поверхность и приносит похолодание. По условиям образования воздушные массы подразделяют на четыре типа: экваториальные, тропические, полярные (воздух умеренных широт) и арктические (антарктическая). В каждом типе выделяется два подтипа – морской и континентальный. Для *континентального подтипа*, образующегося над материками, характерна большая амплитуда температур и пониженная влажность. *Морской подтип* формируется над океанами, следовательно, относительная и абсолютная влажность у него повышены, амплитуды температур значительно меньше континентальных.

*Экваториальные воздушные массы* образуются в низких широтах, характеризуются высокими температурами и большой относительной и абсолютной влажностью. Эти свойства сохраняются и над сушей и над морем.

*Тропические воздушные массы* формируются в тропических широтах, температура в течение года не опускается ниже 20°C, относительная влажность невелика. Выделяют:

- континентальные, формирующиеся над материками тропических широт в тропических барических максимумах – над Сахарой, Аравией, Калахари, а летом в субтропиках и даже на юге умеренных широт – на юге Европы, в Средней Азии и Казахстане, в Монголии и Северном Китае;

- морские, образующиеся над тропическими акваториями, характеризуются высокой температурой и влагосодержанием, но низкой относительной влажностью.

*Полярные воздушные массы*, или воздух умеренных широт, образуются в умеренных широтах (в антициклонах умеренных широт из арктических воздушных масс и воздуха, пришедшего из тропиков). Температуры зимой отрицательные, летом положительные, годовая амплитуда температур значительна, абсолютная влажность увеличивается летом и уменьшается зимой, относительная влажность средняя. Выделяют:

- континентальный воздух умеренных широт, который формируется над обширными поверхностями континентов умеренных широт, зимой сильно охлажден и устойчив, погода в нем ясная с сильными морозами; летом сильно прогревается, в нем возникают восходящие токи;

➤ морской воздух умеренных широт, формируется над океанами в средних широтах; западными ветрами и циклонами переносится на материки; характеризуется большой влажностью и умеренной температурой; зимой несет оттепели, летом – прохладную и всегда пасмурную погоду.

*Арктические (антарктические) воздушные массы* формируются в полярных широтах. Температуры в течение года отрицательные, абсолютная влажность небольшая. Выделяют:

➤ континентальные, формирующиеся над ледяной поверхностью Арктики, а зимой также над Таймыром, бассейном Колымы, Чукоткой и Северной Канадой; характеризуется низкими температурами, малым влагосодержанием и большой прозрачностью; вторжение в умеренные широты вызывает значительные и резкие похолодания;

➤ морские, формирующиеся в европейской Арктике, над океаном свободным ото льда; отличается большим влагосодержанием и несколько более высокой температурой; вторжение на материк может вызвать кратковременное потепление.

## **5. Вода в атмосфере**

Вода, входящая в состав воздуха, находится в нем в газообразном, жидком и твердом состоянии. Она попадает в воздух за счет испарения с поверхности водоемов и суши (физическое испарение), а также вследствие транспирации (испарение растениями), которая является физико-биологическим процессом. Приземные слои воздуха, обогащенные водяным паром, становятся легче и поднимаются вверх. Вследствие понижения температуры поднимающегося воздуха содержание водяного пара в нем, в конце концов, становится предельно возможным. Происходит конденсация, или сублимация, водяного пара, образуются облака, а из них – осадки, выпадающие на землю. Так совершается круговорот воды. Водяной пар в атмосфере обновляется в среднем примерно каждые восемь суток.

*Испарение* – процесс перехода воды из жидкого состояния в газообразное. Одновременно идет обратный процесс – водяной пар переходит в жидкость, испарение идет тогда, когда первый процесс преобладает. Из двух составных частей испарения – непроизводительного физического с открытой поверхности и транспирации влаги растениями – большое природное значение имеет последняя, поскольку она участвует в развитии биосферы. На Земле на испарение воды затрачивается 25 % всей солнечной энергии, достигающей земной поверхности. Суточный ход испарения параллелен суточному ходу температур: наибольшее испарение наблюдается в середине дня, минимум – в ночные часы. В годовом ходе испарения максимум приходится на лето, минимум наблюдается зимой. Величина испарения зонально распределяется по поверхности Земли. Максимальное испарение наблюдается в тропических широтах над океанами – 3000 мм/год, на суше величина испарения в тропических пустынях резко

сокращается до 100 мм/год. На экваторе, на суше и океане, величина испарения примерно одинакова – 1500–2000 мм/год. В лесной зоне умеренных широт испарение составляет 600 мм/год, в пустынях уменьшается до 100 мм/год. Минимальное испарение характерно для полярных широт – 100 мм/год.

*Испаряемость* – максимально возможное испарение при ограниченных запасах воды. Испарение и испаряемость совпадают над океанами, над сушей испарение всегда меньше испаряемости. Максимальная испаряемость характерна для суши тропических широт: 2500–3000 мм в северном полушарии, 2000 в южном полушарии. В экваториальных широтах испаряемость равна 1500 мм/год, в умеренных широтах – 450–600 мм/год, в полярных широтах менее 200 мм/год.

*Влажность воздуха* – содержание водяного пара в воздухе; влагосодержание – содержание воды в трех агрегатных состояниях. Наиболее важными, хотя и не единственными показателями влажности служат:

- *абсолютная влажность воздуха* – реальное количество водяного пара в 1 м<sup>3</sup> воздуха, г/м<sup>3</sup>. С увеличением температуры абсолютная влажность увеличивается, так как теплый воздух может содержать больше водяных паров.

- *относительная влажность* – отношение абсолютной влажности к максимальной (предельное содержание водяного пара при данной температуре), выраженное в процентах. При повышении температуры относительная влажность понижается, так как с ростом температуры быстрее растет максимальная влажность.

Географическое распределение влажности зависит от температуры воздуха, испарения и переноса паров воды. Абсолютная влажность уменьшается от экватора (25–30 г/м<sup>3</sup>) к полярным широтам (около 1 г/м<sup>3</sup>). Относительная влажность в экваториальных и полярных широтах составляет 85–90%: на экваторе из-за большого количества осадков и испарения, а в полярных широтах из-за низких температур. В умеренных широтах летом относительная влажность равна 60%, зимой она возрастает до 75–80%. Самая низкая относительная влажность в тропиках на материках – 30–40%, летом может уменьшаться до 10%.

Конденсация может происходить на поверхности Земли и в атмосфере. В первом случае образуются гидрометеоры (продукты конденсации, образовавшиеся при непосредственном контакте водяного пара с земной поверхностью: роса, иней, твердый и жидкий налет, изморось), во втором облака и туманы.

*Роса* образуется в теплое время года при конденсации на поверхности водяного пара в виде капель. *Иней* появляется весной и осенью во время заморозков при сублимации водяного пара в виде кристаллов. Поскольку роса и иней образуются непосредственно на охлажденных поверхностях, а не выпадают из воздуха, их не считают атмосферными осадками. Образованию росы и инея способствуют те факторы, которые благоприят-

ствуют интенсивному ночному выхолаживанию: безоблачная погода, слабый ветер, продолжительные ночи, котловинный рельеф, куда стекает холодный воздух, и др.

*Изморозь* – белые, рыхлые кристаллы, похожие на бахрому, возникающие зимой на деревьях, проводах, углах домов и др. Образуется во время тумана, когда влага в воздухе находится в переохлажденном капельножидком состоянии. При значительных морозах с капель тумана, находящихся в воздухе, влага испаряется.

*Гололед* – ледяная корка на земле, на поверхности снега, на деревьях и других предметах, образующаяся при выпадении переохлажденного дождя и намерзания капель на холодных поверхностях. Гололед случается при небольшой отрицательной температуре воздуха. *Гололедица* – слой льда на земле, образовавшийся после оттепели или дождя в результате похолодания и замерзания воды.

*Туман* – взвешенные в воздухе капли воды и (или) кристаллы льда, понижающие горизонтальную видимость до 1 км. Менее плотная, чем туман, совокупность капель и кристаллов, при которой горизонтальная видимость более 1 км, называется *дымкой*. Кроме того, размеры капель при дымке меньше, что тоже влияет на видимость.

*Облака* – видимое скопление капель воды и кристаллов льда на некоторой высоте в атмосфере (тропосфере). По внешней форме облака весьма разнообразны. В основу международной морфологической классификации облаков положено разделение их на четыре семейства по высоте их нижней границы и на десять родов по внешнему облику, которые, в свою очередь, подразделяются на виды и разновидности (табл.3).

Таблица 23

### Морфологическая классификация облаков

| Семейства                            | Роды облаков                              | Внешний облик облаков                             |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| А. Облака верхнего яруса - выше 6 км | I. Перистые – Cirrus (Ci)                 | Нитевидные, волокнистые белые.                    |
|                                      | II. Перисто-кучевые – Cirrocumulus (Cc)   | Слои и гряды из мелких хлопьев и завитков, белые. |
|                                      | III. Перисто-слоистые – Cirrostratus (Cs) | Прозрачная белесая вуаль.                         |
| Б. Облака среднего яруса – выше 2 км | IV. Высококучевые – Altocumulus (Ac)      | Пласты и гряды белого и серого цвета.             |
|                                      | V. Высокослоистые – Altostratus (As)      | Ровная пелена молочно-серого цвета.               |

|                                                                 |                                            |                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| В. Облака нижнего яруса – до 2 км                               | VI. Слоисто- дождевые                      | Сплошной, бесформенный серый слой<br>выпадают обложные осадки (дождь или снег)   |
|                                                                 | VII. Слоисто- кучевые – Stratocumulus (Sc) | Непросвечиваемые слои и гряды серого цвета                                       |
|                                                                 | VII. Слоистые – Stratus (St)               | Непросвечиваемая пелена серого цвета                                             |
| Г. Облака вертикального развития – от нижнего до верхнего яруса | IX. Кучевые – Cumulus (Cu)                 | Клубы и купола ярко-белого цвета, при ветре с разорванными краями                |
|                                                                 | X. Кучево-дождевые Cumulonimbus (Cb)       | Мощные кучево-образные массы темно- свинцового цвета<br>Выпадают ливневые осадки |

*Атмосферные осадки* – капли и кристаллы, выпадающие из облаков на землю. Они бывают жидкие, твердые и смешанные. К жидким относятся *дождь* (капли диаметром 0,5 – 6,0 мм) и *морось* (капельки менее 0,5 мм). Твердые осадки: *снег* в виде ледяных иголок, пластинок, шестилучевых снежинок и др.; *крупа* ледяная и снежная (прозрачные или матовые крупинки диаметром 2 – 5 мм), которая образуется в интенсивно развивающихся кучево-дождевых облаках при температуре около 0°C путем быстрого намерзания (обзёрнения) мелких капель воды на кристалликах льда; *ледяной дождь* (застывшие капли дождя диаметром 1–3 мм), образующиеся при инверсии температуры в воздухе; *град* – кусочки льда разной формы и величины (до 10 см в диаметре, массой до 0,5 кг), имеющие слоистое строение в виде непрозрачного ядра и прозрачных и мутных концентрических оболочек. К смешанным осадкам относится *мокрый снег* (снег с дождем).

По характеру выпадения в зависимости от физических условий образования различают три типа осадков: ливневые, обложные и морозящие.

*Ливневые осадки* выпадают из кучево-дождевых облаков. Они внезапны, интенсивны (более 1 мм/мин), локальны, непродолжительны и поэтому не всегда обильны. Ливневые осадки характерны в экваториально-тропических широтах, где они выпадают круглый год; в умеренных они чаще случаются летом, когда наиболее развита конвекция.

*Обложные осадки* выпадают из слоисто-дождевых и высокостолбчатых, реже слоисто-кучевых облаков. Они умеренной интенсивности, довольно равномерны, длительны и захватывают большие площади. Преобладают во внетропических широтах в течение всего года.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие изменения претерпевает солнечная радиация в атмосфере?
2. Перечислите виды солнечной радиации.
3. Каково влияние альбедо на радиационный баланс и его распределение на Земле?
4. В чем различие нагревания суши и водоемов и каково их влияние на суточный и годовой ход температуры воздуха?
5. Что такое годовая амплитуда температуры воздуха?
6. Как изменяется температура воздуха с высотой?
7. Перечислите местные ветры.
8. В чем отличие испарения от испаряемости?
9. Что такое облака и в чем их отличие от тумана?
10. Дайте характеристику основным типам и подтипам воздушных масс.

## ТЕМА 29

### ПОГОДА И КЛИМАТ

1. Погода.
2. Климат.
3. Характеристика климатических поясов.
4. Воздействие человека на климат.

#### 1. Погода

Физическое состояние атмосферы местности в определенный момент времени называют *погодой*. Она характеризуется комплексом метеорологических элементов и явлений: температурой воздуха, влажностью, давлением, ветром, облачностью, осадками и др. Она представляет внешнее проявление радиационных и циркуляционных условий, воздействие на них подстилающей поверхности.

Погода очень разнообразна и редко повторяется. Это объясняется многообразием и изменчивостью факторов, характер входящих воздушных масс, образование циклонов и антициклонов, фронтальные процессы.

Погода очень изменчива. Полученные метеорологические данные за 100, 50 и 30 лет говорят о том, что климатические показатели мало отличаются по своим значениям. Это говорит о том, что погода, близкая к средним типам, повторяется чаще, а отклонения от среднего встречаются реже.

Изучением погоды и ее прогнозированием занимается особый раздел метеорологии – синоптическая метеорология (в каждой стране существует обширная сеть метеорологических и аэрологических станций, занимающихся получением сведений обо всех элементах погоды, и учреждений, их обрабатывающих с целью прогноза погоды, которые объединяются в Службу погоды). Национальные службы погоды опираются в своей работе на международную программу Всемирной службы погоды, входящую во Всемирную метеорологическую организацию (ВМО) – межправительственное специализированное учреждение ООН (1947) с центром в Женеве.

В настоящее время гидрометеорологическую деятельность в Республике Беларусь осуществляют: Республиканский гидрометеорологический центр, Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды, областные центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2 межрайонных центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 51 метеорологическая, 2 гидрологические, 9 специализированных (6 агрометеорологических, станция фоновое мониторинга, озерная, болотная), 8 авиационно-метеорологических станций гражданских, 99 речных и 10 озерных гидрологических постов.

Метеорологические станции разных разрядов работают по определенной программе и единой методике. Они систематически передают результаты своих наблюдений в зашифрованном виде по особому междуна-

родному коду в региональные и мировые метеорологические центры. В центрах на определенный момент времени составляют синоптические карты. На них отражено состояние всех элементов погоды и атмосферных процессов – положение циклонов и антициклонов, атмосферных фронтов, зон осадков и др. над обширной территорией. На основании анализа синоптических карт дается оценка важных изменений погоды и ее прогноз. При этом центры учитывают не только данные наземных станций, но и состояние тропосферы в целом, а также сведения о более высоких слоях атмосферы, полученные с помощью метеорологических ракет и спутников. При обработке полученной информации широко используются современные средства обработки данных. Прогнозы погоды бывают краткосрочными (на 1–3 суток вперед), среднесрочными (4–10 суток), долгосрочными (месяц – сезон). Краткосрочные прогнозы имеют довольно высокую оправдываемость (более 80%). Долгосрочные прогнозы, основанные на научно обоснованном предсказании погоды по годам-аналогам, менее надежны.

Предсказание погоды имеет огромное значение для всех отраслей хозяйства: сельского хозяйства, транспорта, многих отраслей промышленности; оно важно в военном деле, в авиации, для повседневной жизни и деятельности людей.

## **2. Климат**

*Климат* – многолетний режим погоды, типичный в данном месте. В отличие от погоды он обладает устойчивостью, постоянством, хотя ежегодно бывают отклонения в температуре, количестве и режиме осадков, характерных погодах.

Главнейшим климатообразующим фактором и энергетической основой климатообразующих процессов – теплооборота и влагооборота – является приток на Землю солнечной радиации. Ее количество определяется углом падения солнечных лучей, зависящим от широты места.

Большое влияние на формирование климата оказывает также атмосферная циркуляция – закономерное перемещение воздушных масс, в процессе которого осуществляется перенос тепла (теплооборот) и влаги (влагооборот) как между широтами, так и между материками и океанами.

Важен и такой фактор, как характер подстилающей земной поверхности. Прежде всего, важно учитывать сушу и воду (океан), поэтому выделяют материковые и океанические климаты. Суша и вода по-разному нагреваются и остывают: суша быстрее нагревается, но быстрее остывает, т.к. прогревается всего на несколько метров; вода нагревается медленнее, но на большую глубину – до 200–300 м, поэтому остывает тоже медленнее. Это отражается на температурном режиме, суточной и годовой амплитуде температуры, влажности воздуха, осадках и других метеоземных элементах. Различное влияние суши и моря на климат возрастает от экватора к умеренным широтам и несколько сглаживается в приполярных районах.

На климат материков оказывает влияние *абсолютная высота местности*. В горах температура с высотой уменьшается примерно на 6°C на каждый километр и на определенной высоте даже летом оказывается равной нулю; выше начинается царство снегов и льдов.

Важно также расположение гор по отношению к господствующим ветрам – *ветровая экспозиция*. Горы, особенно высокие, являются климатическими барьерами. Наветренные склоны гор получают много осадков (например, южные склоны Гималаев), подветренные склоны сухие.

Большое влияние на климат оказывают *морские течения*. Теплые течения переносят значительную часть тепла из низких широт в высокие, холодные – наоборот. Весьма существенное влияние оказывают течения и на климат прибрежных территорий. Побережья, омываемые теплыми течениями, теплее и влажнее, холодными течениями – холоднее и суше.

Велико влияние на климат *снежного и ледяного покрова*, так как снег и лед обладают большой отражательной способностью и выступают в роли своеобразного «холодильника» для воздуха. Весной на таяние снега затрачивается большое количество тепла. Это задерживает нагревание почвы и воздуха и наступление весны. В то же время талые снеговые воды пополняют запасы грунтовых вод, создавая резерв влаги для питания растений и увлажнения воздуха посредством испарения и транспирации.

Таким образом, солнечная радиация, циркуляция атмосферы и подстилающая поверхность – климатообразующие факторы, под совместным влиянием которых формируются различные климаты Земли.

### **3. Характеристика климатических поясов**

Под типом климата понимают сочетание характеристик (средних температур воздуха, сумм осадков и др.), выбранных для определенного интервала (самого теплого и холодного месяца года), с учетом условий климатообразования.

В настоящее время распространены классификации, предложенные В. Кёппеном (1935), Л. С. Бергом (1925) и Б. П. Алисовым (1947). В. Кёппен различал типы климата по температурному режиму и степени увлажнения. Л. С. Берг исходил из различий растительного покрова. Им выделены зоны: климата тундры, тайги, средиземноморской растительности, тропических пустынь и др.

Классификация климатов Б. П. Алисова получила широкое признание и является одной из самых распространенных. В качестве основного признака в ней принято климатообразующее значение циркуляционных процессов. Б. П. Алисов выделяет в северном и южном полушариях по *семь климатических поясов* (всего 13). Главный признак пояса – господство тех или иных типов воздушных масс, свойства которых являются непосредственным результатом совместного действия радиационных, циркуляционных и иных факторов. В *основных поясах* формирование климата

весь год происходит под преобладающим воздействием воздушных масс одного типа. Их семь: экваториальный пояс, два тропических, два умеренных и два полярных (арктический и антарктический). Располагающиеся между ними *переходные пояса* характеризуются сезонной сменой преобладающих воздушных масс. Это два субэкваториальных пояса, два субтропических, субарктический и субантарктический.

Приведем краткую характеристику климатов земного шара.

*Пояс экваториального климата* не образует сплошного кольца и имеет большие разрывы (над Тихим, Атлантическим, Индийским океанами, восточным побережьем Южной Америки и Африки). На широтах 5–10° в каждом полушарии экваториальные воздушные массы являются господствующими и пополняются тропическим воздухом, приносимым пассатами. Граница экваториального пояса определяется положением тропического фронта.

Климатические условия в экваториальной области складываются под воздействием интенсивной в течение всего года солнечной радиации и большого увлажнения. В этом поясе расход тепла на испарение составляет 75% от всей величины теплового баланса. В связи с этим температура воздуха не достигает достаточно большой величины. Влажность составляет 85%, а температурный режим характеризуется большой ровностью и отсутствием значительных сезонных колебаний. Существенных различий между океаническим и материковым климатом не наблюдается.

Как над океаном, так и на суше среднемесячная температура воздуха изменяется в течение года от 24 до 28 °С.

Количество осадков за год в среднем достигает 2000 – 3000 мм. Наиболее ярко материковый тип экваториального климата представлен в бассейне реки Амазонки, в бассейне среднего течения реки Конго, в экваториальной Индонезии.

*Субэкваториальный пояс* характеризуется резкой сезонной сменой воздушных масс: летом господствует экваториальный воздух, зимой – тропический. Сезонные различия выражены в температурных контрастах и особенно в режиме осадков.

Для климата материкового типа средняя температура самого теплого месяца составляет 32°С, самого холодного месяца 16°С. Для пояса характерны два максимума температур (весной и осенью).

Распределение осадков в течение года крайне неравномерно. Их средняя норма 1000–2000 мм. Летние осадки имеют ливневый характер. Наибольшей засушливостью отличается зима (5–80 мм). Однако на высоких берегах и склонах гор, обращенных к летнему муссону, их количество достигает 5000 мм (побережье Гвинейского залива).

*Тропический пояс* отличается преобладанием во все сезоны года тропического воздуха. Он распространяется в пассатах, оттекая по периферии субтропических антициклонов. Южной границей распространения этого

воздуха является летнее положение тропического фронта, северной – зимнее положение полярного фронта.

Тропические воздушные массы по сравнению с экваториальными содержат меньше водяного пара. При слабо развитой облачности приток солнечной радиации на земную поверхность на этих широтах оказывается больше, чем в экваториальных. Для материкового тропического климата типична большая годовая и суточная амплитуда температур воздуха.

Лето на материках исключительно жаркое со средней температурой  $32^{\circ}\text{C}$ . Зима теплая с температурой  $10\text{--}20^{\circ}\text{C}$ . Относительная влажность в тропических широтах не превышает 30%. Годовая сумма осадков менее 250 мм, местами – меньше 100 мм. Возможно отсутствие осадков несколько лет подряд.

*Субтропический пояс* имеет радиационный режим и циркуляцию атмосферы, несколько сходные с умеренным поясом зимой, а с тропическим – летом. Циркуляция атмосферы зимой над океаном носит циклонический характер. Здесь часто наблюдается вхождение холодных воздушных масс умеренных широт и возможны снегопады. Резко выражены сезонные различия в режиме погоды.

Для субтропического климата особенно характерно жаркое и сухое лето. Средняя температура летних месяцев составляет  $30^{\circ}\text{C}$  и более. Среднегодовое количество осадков – от 300 до 500 мм.

*Пояс умеренного климата* характеризуется большими сезонными различиями радиационных условий. Особое значение приобретает циклоническая деятельность, которая усиливает межширотный обмен воздушных масс и играет главную роль в образовании атмосферных осадков. Режим погоды очень изменчив.

Зимой для материкового климата характерно образование антициклонов, в которых воздух сильно охлаждается и температура его снижается до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Особенностью климата является также образование устойчивого снежного покрова. Годовая амплитуда температур в этом поясе достигает  $50\text{--}60^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура января колеблется от 0 до  $-20^{\circ}\text{C}$ , летняя от 10 до  $24^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков составляет 500–600 мм (на лето приходится до 250 мм).

*Субарктический (субантарктический) пояс* климата материков выражен наиболее резко в северной Азии и Северной Америке. Летом в этих районах преобладают ветры северных направлений. Арктический воздух очень быстро трансформируется и приближается по свойствам к воздуху умеренных широт. В зимнее время на этих широтах преобладают южные ветры, несущие континентальный воздух умеренных широт. Средняя годовая амплитуда температуры достигает наибольших значений  $65^{\circ}\text{C}$  (Якутия). Летний период короткий, но теплый (температура около  $10^{\circ}\text{C}$ ). Осадки преимущественно летние, их средняя годовая норма 200 мм. Зимние

температуры имеют низкие значения ( $-40^{\circ}\text{C}$ ). Повсеместно распространена вечная мерзлота.

*Арктический (антарктический) пояс* характеризуется преобладанием антициклонической циркуляции, при которой формируются арктические (антарктические) воздушные массы с низкой температурой и малым влагосодержанием. За год выпадает около 200 мм осадков. Наиболее низкие зимние температуры отмечены в Антарктиде на станции Пионерская ( $-90^{\circ}\text{C}$ ).

В областях сплошного покрытия ледниками (Гренландия, советский сектор Арктики, Канадский архипелаг) отмечены также низкие значения среднегодовой температуры, достигающей  $-25$ – $35^{\circ}\text{C}$  и не превышающей в течение года  $0^{\circ}\text{C}$ , большая годовая амплитуда температур (до  $40^{\circ}\text{C}$ ) и малое количество осадков.

Летом в Арктике в связи с охлаждающим действием тающего льда и снега температура воздуха удерживается около  $-50^{\circ}\text{C}$ . При этом нередко образуется сплошная облачность и воздух приобретает высокую относительную влажность (до 100 %).

С циклонами, пересекающими Арктику, преимущественно летом и осенью, связаны сильные ветры (3–6 м/с) и облачность (8–9 баллов). Для антарктического климата характерны еще более сильные ветры  $-10$ – $12$  м/с и большее количество снеговых осадков (для зимы – 250 мм). Заливы и моря у берегов Антарктиды круглый год покрыты льдами.

#### **4. Изменение климата**

С XX в. хозяйственная деятельность человека стала оказывать влияние на климат всей планеты, обуславливая его глобальные антропогенные изменения.

Известны три основных направления антропогенного влияния на климатическую систему Земли: рост концентрации парниковых газов в атмосфере, изменение влагооборота над сушей и изменение распределения альбедо участков поверхности. Наличие в атмосфере парниковых газов (к ним относятся водяной пар, диоксид углерода, метан, закись азота, а также некоторые из синтезированных человеком хлорфторуглеродов, которые стали производиться во второй половине XX в., до этого в земной атмосфере их никогда не было) создает парниковый эффект (согласно так называемой парниковой гипотезе, выдвинутой С. Аррениусом (1896)), т. е. способствует повышению температуры приземного слоя атмосферы. Рост их концентрации приводит к усилению парникового эффекта и тем самым обуславливает глобальное потепление. Глобальное потепление климата на значительной части земного шара началось примерно с конца XIX в. (1870-е гг.), усилилось в начале XX в. (особенно в 1910–1940 гг. – потепление Арктики), затем во второй половине XX в. и продолжается в настоящее время.

Современное изменение климата (современное глобальное потепление) следует связывать с беспрецедентным ростом концентрации парниковых газов (главным образом, углекислого газа) в атмосфере, с аномальным усилением парникового эффекта и, как следствие, с ростом глобальной температуры с 1950-х гг. XX в. Современное изменение климата носит антропогенный характер.

Основные факты в пользу современного антропогенного изменения климата:

1. современное глобальное потепление климата оказалось самым мощным за всю историю инструментальных наблюдений (в Северном полушарии рост температуры составил около  $0,9^{\circ}\text{C}$ , в Южном –  $0,6^{\circ}\text{C}$ );

2. подавляющее число самых крупных среднегодовых аномалий температуры приходится на последние 30 лет;

3. самыми теплыми годами после 1850 г. были следующие годы («десятка лет»): 2015, 2014, 2010, 2005, 1998, 2003, 2013, 2002, 2006, 2009;

4. с 1976 г. средняя глобальная температура росла примерно в три раза быстрее, чем за последние 100 лет;

5. наблюдается потепление нижней части тропосферы, в то время как происходит выхолаживание стратосферы, что соответствует модельным расчетам изменения температуры по вертикали.

Влияние на климат оказывают следующие, принявшие глобальный характер процессы:

- распахивание огромных массивов земли, вызывающее изменение альбедо, быструю потерю влаги, подъем пыли в атмосферу;

- уничтожение лесов, особенно тропических, влияющее на воспроизводство кислорода, изменения альбедо и испарения;

- перевыпас скота, превращающий степи и саванны в пустыни, в результате чего меняется альбедо, иссушается почва;

- сжигание ископаемого органического топлива и поступление в атмосферу  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ;

- выбрасывание в атмосферу промышленных отходов, меняющих состав атмосферы, увеличивающих содержание радиационно-активных газов и аэрозолей.

Для изучения вопросов глобальных изменений климата в 1988 году Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) и Всемирной метеорологической организацией была создана новая организация – Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Основными целями создания МГЭИК были подготовка и предоставление мировому сообществу всестороннего анализа изменений климата и их возможных последствий, а также разработка эффективных стратегий решения проблемы. Задачи МГЭИК, согласно Резолюции Генеральной Ассамблеи ООН от 6 декабря 1988 г., включали: подготовку детального научного обзора о состоянии научной информации в области из-

менения климата, оценку возможных социально-экономических эффектов и разработку предложений о возможных стратегиях и компонентах будущего международного соглашения в области изменения климата. В состав МГЭИК вошли представители разных стран, включая ученых из бывшего СССР.

Первым существенным результатом работы МГЭИК стал Первый оценочный доклад (ОД1), подготовленный в 1990 г. Доклад подтверждал актуальность глобальных изменений климата и необходимость срочных международных действий. Результаты Доклада были представлены на 45-й Генеральной Ассамблее ООН в 1990 г., в результате чего решено начать переговоры по подготовке международного соглашения в области изменений климата. В 1992 г. на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (Саммит Земли) разработки МГЭИК сыграли ключевую роль в принятии решения о создании Рамочной конвенции ООН по изменению климата (РКИК ООН). С этого времени РКИК ООН является основным международным соглашением по вопросам изменения климата, а МГЭИК – основным научным органом, источником информации, поддерживающим работу РКИК ООН. Последние десятилетия показали, что прогнозы, сделанные в докладах МГЭИК, в целом, подтверждаются.

По данным гидрометеорологических наблюдений в Беларуси за последние 20 лет среднегодовая температура воздуха увеличилась на  $1,1^{\circ}\text{C}$ , при этом количество осадков, выпадающих на территории республики, изменилось незначительно. Изменение климата в Беларуси приводит не только к увеличению числа засушливых явлений, но и к увеличению экстремальности таких неблагоприятных явлений, вызванных природными факторами, как заморозки, очень сильный ветер, шквалы и смерчи, очень сильный дождь, очень сильный снег, чрезвычайная пожарная опасность, которые наносят ущерб экономике страны и здоровью населения.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Дайте определение понятию «погода».
2. Перечислите климатообразующие факторы.
3. Дайте характеристику климатическим поясам Земли.
4. Сделайте сравнительный анализ климатов Арктики и Антарктиды.
5. Назовите основные причины современного изменения климата.
6. Какие глобальные и региональные последствия изменения климата могут произойти в XXI веке?

## ТЕМА 30 ГИДРОСФЕРА

1. Общие сведения о гидросфере.
2. Свойства воды.
3. Круговорот воды.
4. Мировой океан, его части.
5. Динамика вод в океане.

### 1. Общие сведения о гидросфере

*Гидросфера* – водная оболочка земного шара, объединяющая Мировой океан, подземные воды и поверхностные воды суши. Единство гидросферы определяется постоянным водообменом между всеми ее частями и переходом воды из одного состояния в другое.

За верхнюю границу гидросферы условно принимают поверхность океана; нижняя ее граница менее четкая, но основная масса включающихся в гидросферу подземных вод заключена в осадочной рыхлой толще.

Общий объем поверхностных и приповерхностных подземных вод на Земле составляет около 1,39 млрд км<sup>3</sup>. Главная масса воды сосредоточена в океанах – 1338,0 млн. км<sup>3</sup>, или 96,5 % всей воды гидросферы, из них около 35 тыс. км<sup>3</sup> приходится на айсберги (табл. 24).

Таблица 24

**Объем воды различных частей гидросферы**

| Части гидросферы | Объем                |                    |                         |
|------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
|                  | тыс. км <sup>3</sup> | % от общего объема | % от объема пресных вод |
| Мировой океан    | 1 338 000            | 96,5               | —                       |
| Подземные воды   | 23 700               | 1,72               | 30,9                    |
| Ледники          | 26 064               | 1,74               | 68,7                    |
| Озера            | 176                  | 0,013              | 0,26                    |
| Почвенная влага  | 16,5                 | 0,001              | 0,05                    |
| Воды атмосферы   | 12,9                 | 0,001              | 0,037                   |
| Болота           | 11,5                 | 0,0008             | 0,033                   |
| Водохранилища    | 6,0                  | 0,0004             | 0,016                   |
| Реки             | 2,0                  | 0,0002             | 0,006                   |

**Происхождение природных вод.** Химически связанная вода была в веществе холодного газопылевого протопланетного облака, из которого возникла Земля. Геохимические исследования показывают, что на земной поверхности вода появилась на определенном этапе развития Земли около 4,0 – 3,5 млрд лет назад за счет горячих растворов, водяных паров и других летучих веществ в результате дегазации магмы. Максимум темпов нараста-

ния гидросферы приходится на нижний рифей 1,5 млрд лет назад. Гидросфера развивалась в тесном взаимодействии с атмосферой, литосферой, а затем и с живой природой.

Поступление воды из недр происходит до сих пор при извержении вулканов, особенно в рифтах срединно-океанических хребтов, а ведь раньше вулканическая деятельность была гораздо активнее. Пресная вода на суше – результат прохождения «океанической» воды через атмосферу. В верхних слоях атмосферы вода образуется из атомов водорода, принесенных солнечным светом, который реагирует с кислородом атмосферы (так называемый солнечный дождь). Гидросфера не только получает, но и теряет воду за счет фотосинтеза и распада воды в высоких слоях атмосферы. При этом легкие атомы водорода улетучиваются в межпланетное пространство, образуя земную корону.

## 2. Свойства воды

Вода – простейшее химическое соединение водорода с кислородом. Химически чистая вода состоит из 11,19% водорода и 88,81% кислорода (по весу). Вода – самое распространенное и самое необыкновенное вещество на Земле благодаря своим аномальным свойствам. В земных условиях только вода находится в трех физических агрегатных состояниях: твердом (лед, снег), жидком (вода) и газообразном (пар).

Вода – одно из самых *теплоемких* в природе тел. Удельной теплоемкостью вещества называется количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1°C. Вследствие высокой теплоемкости воды океанов, морей и озер поглощают огромное количество тепла летом, являясь его мощными аккумуляторами. Зимой воды, охлаждаясь, отдают тепло в атмосферу. Этим объясняется большое умеряющее (летом охлаждающее, зимой отепляющее) влияние океанов и морей на климат прилегающих материков в умеренных и высоких широтах. В экваториально-тропических теплоэнергетических зонах вода нагревается весь год и тепло морскими течениями и воздушными потоками передается в умеренные и полярные широты. Это перераспределение тепла имеет огромное климатическое значение.

*Теплопроводность* воды весьма незначительна. Поэтому нагревание воды в естественных водоемах происходит не столько путем молекулярной теплопроводности, сколько путем перемешивания воды вследствие течений и волнения. При отсутствии перемешивания воды в озерах наблюдается вертикальная термическая слоистость (стратификация). Лед и особенно снег обладают еще меньшей теплопроводностью, чем вода. Поэтому лед, возникнув на поверхности водоема, предохраняет воду от дальнейшего охлаждения, а снег – почву от промерзания, бесснежие же губит озимые культуры.

Своеобразным свойством воды является *резкое увеличение ее объема при замерзании*. Объем льда примерно на 10% больше по сравнению с первоначальным объемом воды. И наоборот, плавление льда сопровождается не расширением, а сжатием и уменьшением объема воды.

*Подвижность* – характерное свойство жидкой воды. Движение воды происходит под действием силы тяжести, различия плотностей, под влиянием ветра, вследствие притяжения Луной и Солнцем и др. Перемешивание воды способствует выравниванию ее температуры, солености, химического состава и т. д. Велика роль движущейся воды в перераспределении тепла в океанах путем морских течений. Благодаря поверхностным текущим водам размываются, перемещаются и отлагаются огромные массы горных пород.

*Термическая устойчивость* воды весьма высока. Водяной пар разлагается на водород и кислород только при температуре выше 1000°C в высоких слоях атмосферы.

*Поверхностное натяжение*. Вода среди жидкостей, кроме ртути, обладает самым большим поверхностным натяжением. Благодаря этому свойству вода поднимается по капиллярам в грунтах, движется вверх в растениях, обеспечивая соответственно почвообразование и питание растений. Без воды земледелие было бы невозможно.

Вода – прекрасный *растворитель*, поэтому все воды представляют собой газосолевые растворы различного химического состава и различной концентрации. Концентрация растворенных в воде веществ характеризуется *соленостью* и выражается в промилле (‰), т.е. в тысячных долях (граммах вещества на килограмм воды).

Распределение солености в водных массах зонально и зависит от соотношения осадков, притока речных вод и испарения. Кроме того, на соленость воды оказывает влияние циркуляция вод, деятельность организмов и другие причины. На экваторе отмечается пониженная соленость воды (34–33‰), обусловленная резким увеличением атмосферных осадков, стоком полноводных экваториальных рек и немного пониженным испарением из-за высокой влажности. В тропических широтах наблюдается самая высокая соленость вод (до 36,5‰), связанная с высоким испарением и небольшим количеством осадков в барических максимумах давления. В умеренных и полярных широтах соленость вод понижена (33–33,5‰), что объясняется увеличением количества осадков, стоком речных вод и таянием морских льдов.

Соленость морей сильно отличается от солености мирового океана. Соленость воды Балтийского (10–12‰), Черного (16–18‰), Азовского (10–12‰), Белого (24–30‰) морей обусловлена опресняющим влиянием речных вод и атмосферных осадков. Соленость воды в Красном море (40–42 ‰) объясняется малым количеством осадков и большим испарением.

Средняя соленость океана 35‰. Средняя соленость вод Атлантического океана – 35,4; Тихого – 34,9; Индийского – 34,8; Северного Ледовитого океана – 29–32‰.

*Способность к самоочищению* – важное свойство воды. Оно осуществляется в процессе течения в реках, волнения в озерах и морях, фильтрации воды через грунт, в процессе испарения. Но при загрязнении выше определенных пределов эта способность нарушается.

*Цвет воды.* Вода имеет голубоватый оттенок, но в тонких слоях бесцветна. Оттенки цвета зависят от угла падения солнечных лучей, глубины проникновения света и от примесей.

*Прозрачность воды* определяется глубиной погружения белого диска диаметром 30 см. Прозрачность зависит от примесей. При большой прозрачности свет проникает на большую глубину, поддерживая необходимые условия для существования организмов.

Физические и химические свойства воды тесно взаимосвязаны. Особенно сильно изменяются свойства воды под влиянием температуры и давления. Удивительные свойства воды способствовали появлению и развитию жизни на Земле. Благодаря воде совершаются все процессы в географической оболочке.

### **3. Круговорот воды**

Круговорот воды, или влагооборот, на Земле – непрерывный замкнутый процесс перемещения воды, охватывающий гидросферу, атмосферу, литосферу и биосферу. Наиболее быстрый круговорот воды происходит на поверхности Земли. Он совершается под действием солнечной энергии и силы тяжести. Влагооборот складывается из процессов испарения, переноса водяного пара воздушными потоками, конденсации и сублимации его в атмосфере, выпадения осадков над океаном или сушей и последующего стока их в океан. Основным источником поступления влаги в атмосферу – Мировой океан, меньшее значение имеет суша. Также в круговороте воды принимают участие и биологические процессы – транспирация и фотосинтез.

В поверхностном круговороте воды на Земле условно выделяют малый, большой и внутриматериковый круговороты. В малом круговороте участвуют только океан и атмосфера. Испаряющаяся с поверхности океана влага в большей своей части выпадает обратно на морскую поверхность, совершая малый круговорот.

Меньшая часть влаги участвует в большом поверхностном круговороте, переносясь воздушными потоками с океана на территорию суши, где возникает ряд местных влагооборотов. С периферийных частей континентов (их площадь около 117 млн км<sup>2</sup>) вода вновь поступает в океан путем поверхностного (речного и ледникового) и подземного стока, завершая *большой круговорот*.

Территории, не имеющие стока в Мировой океан, называют областями внутреннего стока (бессточными по отношению к океану). Их площадь более 32 млн км<sup>2</sup>. Вода, испарившаяся с замкнутых территорий суши и вновь выпадающая на нее же, образует *внутриматериковый круговорот*. Крупнейшие области внутреннего стока – Арало-Каспийская, Сахара, Аравия, Центрально-Австралийская. Воды этих областей обмениваются влагой с периферийными областями и океаном в основном путем переноса ее воздушными течениями.

Количественно круговорот воды на Земле характеризуется водным балансом. *Водный баланс Земли* – равенство между количеством воды, поступающей на поверхность земного шара в виде осадков, и количеством воды, испаряющейся с поверхности Мирового океана и суши за одинаковый период времени. В среднем годовое количество осадков, так же как и испарение, равно 1132 мм, что в объемных единицах составляет 5 77 060 км<sup>3</sup> воды.

Повышение температуры воздуха почти на 1°С в XX столетии вызвало нарушение мирового водного баланса: для Мирового океана он стал положительным, а для суши отрицательным. Потепление привело к возрастанию испарения с океанической поверхности и увеличению облачности как над океанами, так и над континентами. Атмосферные осадки над океаном и в прибрежных районах суши увеличились, но сократились во внутриконтинентальных областях. Значительно усилилось таяние ледников. Такие изменения в мировом водном балансе приводят к повышению уровня Мирового океана в среднем на 1,5 мм/год, а в последние годы до 2 мм/год.

Различные части гидросферы на поверхности Земли имеют неодинаковый период водообмена. Самые короткие периоды водообмена у влаги атмосферы (8 суток), наиболее длительные – у наземных и подземных ледников (10 тыс. лет).

Значение воды в природе, жизни и хозяйственной деятельности исключительно велико. Землю делает Землей именно вода, она участвует во всех физико-географических, биологических, геохимических и геофизических процессах, происходящих на планете.

#### **4. Мировой океан, его части**

Мировой океан – единая непрерывная водная оболочка Земли, окружающая материки и острова. Из 510 млн км<sup>2</sup> площади земного шара на его долю приходится 361,3 млн км<sup>2</sup> (70,8%). Большую площадь океаны занимают в южном полушарии (81%), чем в северном (61%). Объем Мирового океана более 1340 млн км<sup>3</sup>, средняя глубина – 3710 м.

Единый Мировой океан подразделяется на отдельные океаны. *Океан* – обширная часть Мирового океана, обособленная материками, обладающая своеобразной конфигурацией береговой линии, определенными геологиче-

ским строением, рельефом дна и донными отложениями, самостоятельными системами атмосферной циркуляции и течений, специфическими гидрологическими характеристиками и природными ресурсами.

В современной мировой океанологической литературе сложилась концепция разделения Мирового океана на четыре океана: Тихий (площадь 178,68 млн км<sup>2</sup>, максимальная глубина в Марианском желобе 11022 м), Атлантический (91,66 млн км<sup>2</sup>, глубина в желобе Пуэрто-Рико 8742 м), Индийский (76,17 млн км<sup>2</sup>, глубина в Яванском желобе 7729 м), Северный Ледовитый (14,75 млн км<sup>2</sup>, глубина в котловине Нансена 5527 м).

Во всех океанах есть *морья* – более или менее обособленная острова, полуостровами и подводными возвышенностями часть океана. Исключение составляет уникальное Саргассово «море без берегов», расположенное в Северной Атлантике.

По местоположению морья подразделяют на окраинные, внутренние и межостровные. Окраинные морья расположены на подводном продолжении материков и ограничены с одной стороны сушей, с другой – островами и подводными возвышенностями. Их связь с океаном довольно тесная (Баренцево, Берингово, Тасманово и др.). Внутренние (средиземные) морья далеко вдаются в сушу, с океанами соединяются узкими проливами с порогами и резко отличаются от них по гидрологическому режиму. Их, в свою очередь, подразделяют на внутриматериковые (Балтийское, Черное и др.) и межматериковые (Средиземное, Красное и др.). К межостровным морьям, окруженным более или менее плотным кольцом островов и подводными порогами, относят Яванское, Филиппинское и др. Их режим определяется степенью водообмена с океаном.

В целом морья составляют около 10% площади Мирового океана. Самые крупные морья – Филиппинское – 5726 тыс. км<sup>2</sup>, Аравийское – 4832 тыс. км<sup>2</sup>, Коралловое – 4068 тыс. км<sup>2</sup>.

*Залив* – часть океана, довольно глубоко вдающаяся в сушу. Заливы менее изолированы от сопредельных океанов, чем морья. Поэтому режим их больше схож с теми акваториями, к которым они принадлежат. Заливы подразделяются на разные типы в зависимости от ряда факторов. По происхождению выделяют, например, фьорды – узкие, длинные, глубокие заливы с крутыми берегами, вдающиеся в гористую сушу, образовавшиеся на месте тектонических разломов, впоследствии обработанных ледником и затопленных морем (Согне-фьорд и др.); лиманы – мелкие заливы на месте затопленных морем устьевых частей рек (Днепровский лиман и др.); лагуны – заливы вдоль побережья, отделенные от моря косами (Куршский залив и др.). Есть деление заливов по размерам (самый большой – Бенгальский – 2191 тыс. км<sup>2</sup>), по глубине (он же – 4519 м).

*Пролив* – относительно узкая часть океана или морья, разделяющая два участка суши и соединяющая два смежных водоема. Проливы подразделяют на разные типы по ряду признаков. По морфологии выделяют *узкие*

и *широкие* проливы (самый широкий – пролив Дрейка – 1120 км), *короткие* и *длинные* (самый длинный – Мозамбикский – 1760 км), *мелкие* и *глубокие* (самый глубокий – тоже пролив Дрейка – 5249 м).

## 5. Динамика вод в океане

Воды Мирового океана находятся в постоянном движении. Различают два вида движения – течения и волнения.

*Морские течения* – горизонтальные поступательные движения водных масс в океанах и морях, характеризующиеся определенным направлением и скоростью. Они достигают нескольких тысяч километров в длину, десятков – сотен километров в ширину, сотен метров в глубину. Вода морских течений отличается от окружающей по температуре, солености, цвету и другим физико-химическим свойствам.

Морские течения классифицируют по ряду признаков.

По продолжительности существования выделяют постоянные, периодические и временные течения. *Постоянные* течения наблюдаются в одних и тех же районах океана, характеризуются одним генеральным направлением, более или менее постоянной скоростью и устойчивыми среднесуточными физико-химическими свойствами переносимых водных масс, хотя и изменяющимися характеристиками от сезона к сезону (например, Северное и Южное пассатные, Гольфстрим, Западный дрейф и др.). У *периодических* течений направление, скорость, температура и другие свойства подчиняются периодическим закономерностям. Они наблюдаются в определенной последовательности через равные промежутки времени (например, летние и зимние муссонные течения в северной части Индийского океана или приливно-отливные течения). Временные течения – эпизодические, их вызывают непостоянно действующие факторы, чаще всего ветры.

Из классификаций по физико-химическим свойствам наиболее важная по температурному признаку – теплые, холодные и нейтральные течения. Это деление носит условный характер, оно основано не на абсолютной, а на относительной температуре воды. Теплые течения имеют температуру воды выше, чем окружающая вода, холодные – наоборот. Например, Мурманское течение с температурой 2–3°C среди вод с температурой 0°C считается теплым, а Канарское течение с температурой 15–16°C среди вод с температурой около 20°C – холодным. Нейтральные течения имеют температуру воды, близкую к температуре окружающей воды, как, например, экваториальные противотечения. Холодные течения имеют, как правило, направление от полюсов в сторону экватора, теплые – от экватора в сторону полюсов. Исключение составляет холодное летнее Сомалийское течение, направленное от экватора на север. Нейтральные течения ориентированы субширотно.

По солености бывают опресненные течения (например, Лабрадорское) и осолоненные (например, Норвежское).

По глубине расположения в толще воды различают течения поверхностные (обычно до глубины 200 м), подповерхностные, которые, как правило, имеют направление, противоположное поверхностному (например, под южными пассатными течениями экваториальные противотечения: Кромвелла в Тихом океане, Ломоносова в Атлантическом, Тареева в Индийском), глубинные, придонные.

*Волнения* – это колебательные движения, охватывают только поверхностные водные массы – частный случай ритмических колебательных движений в природе. Волнение образуется в результате нарушения равновесия среднего уровня поверхности и стремления силы тяжести восстановить его. Волны, существующие под непосредственным воздействием этих сил, называются вынужденными, волны, продолжающиеся после исчезновения силы, – свободными (инерционными).

По происхождению различают следующие типы волн: волны трения (ветровые и глубинные), анемобарические, сейсмические, сейши, приливные волны.

Ветровые волны возникают вследствие трения на границе воздуха и воды. Ветер повсюду служит главной причиной возникновения волн. Первоначальная форма ветровых волн – рябь, возникающая при порывистом ветре со скоростью менее 1 м/с. При ветре со скоростью более 1 м/с образуются сначала мелкие, а при его усилении и крупные гравитационные волны. Помимо скорости ветра, их возникновению способствует продолжительность ветров и величина акватории.

Глубинные (внутренние) волны возникают на границах двух слоев воды с разными свойствами (соленость, температура, плотность). Они часто возникают в проливах, где два этажа течений (например, в Босфоре), близ устьев рек, у кромки тающих льдов. Такие волны способствуют перемешиванию вод океана.

Анемобарические волны возникают в связи с быстрым изменением атмосферного давления в местах прохождения циклонов, особенно тропических. Обычно они одиночные, вред их в море невелик, поскольку вспучивание водной поверхности составляет около 1 м. Но на низких побережьях они вызывают катастрофические наводнения, так как высота их на мелководье увеличивается, достигая нескольких метров, и вода проникает в глубь суши на десятки километров.

Цунами возникают при силе подземного толчка больше 6 баллов и расположения гипоцентра на глубине до 40 км. В открытом океане цунами незаметны, они имеют длину 200–300 км (до 1000 км) и высоту 1–2 м, скорость 400–800 км/ч. При подходе к берегу высота волны резко увеличивается (максимальная – 85 м). За последнее тысячелетие ученые зарегистри-

ровали около 1000 катастрофических цунами, причем большая их часть приходится на северо-запад Тихого океана.

Приливообразующие силы вызывают изменение уровня поверхности океанов. Колебания уровней называются приливами (уровень повышается и достигает наивысшего положения, называемого полной водой) и отливами (уровень понижается до низшего, называемого малой водой). Самый большой на Земле прилив (до 18 м) бывает в бухте Нозль в заливе Фанди у Новой Шотландии. У берегов России самый высокий прилив (до 12 м) образуется на севере Охотского моря, в Пенжинской губе. Приливы больше 5 м наблюдаются только в узких заливах и проливах, а у сравнительно прямых – около 2 – 3 м. Во внутренних морях приливы очень незначительны: в Черном море – 13 см, Балтийском – 4,8 см, Средиземном – до 1 м (около Венеции).

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Назовите уникальные физико-химические свойства воды.
2. В чем выражается единство гидросферы?
3. В чем заключается большой и малый круговороты воды?
4. Охарактеризуйте составные части Мирового океана.
5. Какова роль морских течений на планете?
6. Каковы причины возникновения волнений Мировом океане?

## ТЕМА 31 ВОДЫ СУШИ

1. Подземные воды.
2. Реки.
3. Озера.
4. Болота.
5. Ледники.

### 1. Подземные воды

Вода, просачивающаяся в верхние слои земной коры, образует подземные воды суши, или подземную гидросферу. Глубина скопления капельно-жидкой воды в коре не превосходит 10 км. Нижняя граница определяется температурой и давлением в земной коре.

Существует несколько теорий, объясняющих механизм появления подземных вод. Инфильтрационная теория объясняет это явление просачиванием поверхностных вод по порам горных пород. Конденсационная теория происхождения подземных вод объясняет конденсацией водяных паров воздуха при проникновении его в грунт. В песчаных пустынях она достигает значительных размеров. В теории Э. Зюсса образование подземных вод связывается с поступлением водяных паров непосредственно из магмы при ее остывании. Такие воды называют ювенильными. Они не участвуют в круговороте воды на Земле.

В настоящее время признано, что подземные воды могут образовываться в результате всех указанных явлений (в том числе и смешанным путем).

*Виды подземных вод.* В верхнем слое земной коры подземные воды преимущественно пресные, атмосферного происхождения. Здесь осуществляется интенсивный водообмен. Выделяют слой аэрации и слой насыщения.

Слой аэрации, включающий почву и верхнюю часть грунта, располагается между атмосферой и подземной гидросферой. Его мощность колеблется от 2 до 30 м. Характерной особенностью слоя аэрации является вертикальное движение в нем влаги. Отмечается также временное скопление поверхностных вод, называемых *верховодкой*. Она обычно залегает на небольшой глубине и располагается над верхним водоупорным горизонтом или мерзлым грунтом. Эти воды подвержены резким колебаниям в зависимости от погодных условий. В сухое время года верховодка может исчезать в результате просачивания или испарения.

Слой насыщения расположен глубже слоя аэрации. Его первый постоянный водоносный горизонт называют *грунтовыми водами*. Они не имеют напора. Химический состав и степень минерализации их зависят не только от горных пород водоносного пласта и климатических условий, но и характера почвенно-растительного покрова.

Грунтовые воды питаются главным образом за счет атмосферных осадков (дождевых, снеговых). В пустынях имеет значение конденсационное питание, поэтому колебание уровня грунтовых вод носит сезонный характер. Уровень грунтовых вод имеет уклон в сторону понижений рельефа (речной долины, озера). Ниже первого водоупорного горизонта располагаются *межпластовые воды*. Глубина залегания их может достигать 100 м и более. Межпластовые воды подразделяют на два вида: ненапорные и напорные (артезианские). Артезианские воды в ряде случаев имеют высокую температуру. Воду, имеющую температуру 37–42°C, называют термальной, свыше 42°C – горячей (гипертермальной). Горячие подземные воды находят все большее применение при отоплении жилых домов, выработке электроэнергии.

Особую разновидность артезианских вод представляют минеральные, имеющие бальнеологическое значение, так как обладают биологически активными свойствами. Они характеризуются повышенным содержанием химических компонентов, газов. Наиболее распространенными их видами являются углекислые, сероводородные, радоновые, бромистые.

Естественные выходы подземных вод на поверхность называют источниками (родники, ключи). Искусственно грунтовые воды выводятся на поверхность через колодцы.

Горячими являются подземные, в том числе и грунтовые воды вулканических областей, глубокие артезианские воды.

Гейзерами называются периодически фонтанирующие горячие источники. Они приурочены к областям недавнего или современного вулканизма, где магматические очаги, расположенные неглубоко, создают особые геотермические и гидрогеологические условия.

## 2. Реки

Река представляет собой естественный водный поток, протекающий в сформированном русле. В каждой реке различают исток, верхнее, среднее и нижнее течения и устье. *Исток* (начало реки) – место, с которого появляется постоянное течение воды в русле. Истоком могут служить родники (Волга), озера (Нева, Ангара). *Верховьем* реки называется ее верхнее течение, которое нередко образуется из слияния нескольких ручьев. Нижнее течение реки заканчивается *устьем* – местом ее впадения в море, озеро или другую реку. С большей части материков поверхностные воды стекают в океан или море. Однако на каждом материке можно выделить площади, где сток осуществляется не в океан, а в озеро (Каспийское море, озера Балхаш, Эйр, Титикака и др.). Такие участки материков называют областями внутреннего стока. Наряду с ними на материках выделяются значительные площади, где сток полностью отсутствует, т. е. бессточные. К ним относятся пустыни тропического пояса, например Большая песчаная пустыня Австралии, районы пустыни Калахари и др.

Реки образуют *речную систему*. В ней различают главную реку и ее притоки. Реки, впадающие в главную реку, называют притоками первого порядка, их притоки – притоками второго порядка и т. д. Речная система собирает воды с территории, которую называют *бассейном*, или *водосборной площадью*.

**Питание рек.** Поступление воды в реки называют их *питанием*. Различают четыре источника питания рек: дождевые воды, талые снеговые воды, талые ледниковые и грунтовые воды. С питанием рек связан и их режим, то есть различные уровни воды в течение года.

В умеренном климате, где в питании важную роль играют талые снеговые воды, выделяются четыре фазы режима рек: весеннее половодье, летняя межень, осенние паводки и зимняя межень. Половодья, паводки и межень свойственны рекам, находящимся и в иных климатических условиях.

*Половодье* – ежегодно повторяющееся в один и тот же сезон относительно длительное и значительное увеличение объема воды, сопровождающееся подъемом уровня. Оно вызывается весенним таянием снега на равнинах, летним таянием снега и льда в горах, обильными дождями.

*Межень* – наиболее низкий уровень воды в реке при преобладании подземного питания. Летняя межень наступает в результате высокой инфильтрационной способности почв и сильного испарения, зимняя – в результате отсутствия поверхностного питания.

*Паводки* – кратковременные и непериодические подъемы Уровня воды в реке, вызываемые поступлением дождевых и талых вод, а также пропусками воды из водохранилищ. Высота паводка зависит от интенсивности дождя или снеготаяния.

Кратковременные бурные паводки на горных реках, отличающиеся высокой концентрацией наноса и имеющие вид грязевых или грязекаменных потоков, называются *селями*. Содержание в них твердого материала достигает 30 – 75% массы. Они возникают в горах при интенсивном таянии снега, ледников или при обильных ливнях. Сели обладают большой массой и скоростью и производят значительные разрушения населенных пунктов, дорог, мостов. Они распространены в горах Средней Азии, Карпатах, Альпах, Кордильерах, Андах.

На основании главных закономерностей водного режима выделяются основные типы рек мира:

- *экваториальный*– питание только дождевое, обильное в течение всего года. Реки всегда полноводные, уровень повышается к концу дождливого сезона. Колебания уровней больших рек обусловлены поступлением воды из притоков, находящихся в разных климатических условиях. Так, уровень Амазонки повышается на 10–15 м в период дождей (с сентября по апрель);

- *субэкваториальный и тропический* – питание только дождевое, распределение стока в течение года неравномерное. Режим становится паводковым. В сухой сезон реки или мелеют, или вовсе лишаются воды;

- *субтропический* – питание почти исключительно дождевое. Основная масса осадков приходится на зиму. В сухой летний сезон реки маловодны, а многие пересыхают.

- *Умеренный*:

- а) с преобладанием весеннего таяния снежного покрова – умеренный континентальный (реки центра европейской части России: Волга, Дон). В режиме рек с умеренным климатом выделяются четыре хорошо выраженные фазы, или гидрологические сезоны, – весеннее половодье, летняя межень, осенний паводок и зимняя межень;

- б) с преобладанием таяния снега и дождей весной (сибирские реки в верховьях: Лена, Обь, Енисей);

- в) дождевое питание зимой – умеренный морской, или западноевропейский (Темза);

- г) преобладание дождевого питания летом – муссонные дожди (умеренный муссонный) – Амур, реки Дальнего Востока.

- *субарктический* – реки питаются талыми снеговыми водами и за счет вечной мерзлоты. Многие из них промерзают зимой до дна и прекращают сток. Подъем воды наблюдается в летнее время (Яна, Индигирка, Вилюй);

- *арктический* – реки питаются за счет таяния полярных льдов и снега. Сток наблюдается только в период короткого полярного лета.

Количество воды, которое несут реки в среднем за год, называется *водоносностью* ( $\text{м}^3/\text{с}$ ). Самая большая по водоносности река мира – Амазонка (среднегодовой расход составляет  $7000 \text{ км}^3/\text{год}$ ). Размеры реки зависят от площади материков, по которым они протекают, и от расположения водоразделов. Самая большая по длине река Амазонка с притоком Укаяли – 7194 м, ей уступает Нил с притоком Кагера – 6671 м, затем Миссисипи с притоком Миссури – 6019 м.

### 3. Озера

Озерами называются внутренние водоемы суши со стоячей или малопотоочной водой. Они занимают на земном шаре приблизительно  $2,7 \text{ млн. км}^2$ . Это составляет всего 1,8% площади всей суши. Самое, большое озеро на Земле – Каспийское море – занимает  $393\,200 \text{ км}^2$ , т. е. около 15% площади всех озер. Общий объем озерных вод – приблизительно  $250\,000 \text{ км}^3$ .

Озера располагаются в замкнутых котловинах и в отличие от рек имеют замедленный водообмен. Этим обусловлены: вертикальная и горизонтальная температурная и химическая неоднородность воды, отложение в котловине твердого материала и солей, характер биоценозов, развитие и отмирание всего водоема. Каждое озеро можно разделить на три взаимно

связанные составные части: котловина, водная масса, включающая растворенные в ней вещества, растения и живые организмы.

**Происхождение озерных котловин.** Котловины, в которых сосредоточена озерная вода, по происхождению различны. Они могут образоваться в результате *тектонической деятельности*. В этом случае они приурочены к активным участкам земной коры. В таких котловинах находятся самые глубокие и большие озера Земли. Самыми глубокими являются Байкал (1620 м) и Танганьика (1435 м). Средняя глубина остальных озер меньше 100 м.

*Вулканические* озерные котловины могут быть кратерами и кальдерами. Кратерными являются котловины многих озер острова Ява и др. К кальдерным относятся, например, котловины Курильского и Кроноцкого озер на Камчатке.

Озера *ледникового* происхождения сформировались на территориях, подвергавшихся материковому оледенению. Они возникли под воздействием ледниковой эрозии или ледниковой аккумуляции и широко распространены на полуостровах Скандинавском, Таймыр, Лабрадор и др. Ледниковые озера имеют вытянутую форму и ориентированы по направлению движения ледника. Нередко они занимают понижения между холмами. Глубина их незначительна (Селигер). Аккумулятивные озерные котловины образовались там, где ледник откладывал морену – рыхлые горные породы, снесенные из центральных областей (Ильмень).

*Запрудные* котловины в горах возникли при подпруживании долин горными обвалами, лавовыми потоками или ледниковыми моренами. Например, в результате колоссального горного обвала в горах Памира в 1911 г. образовалось Сарезское озеро глубиной 505 м. Озера такого происхождения многочисленны в Гималаях и других молодых горных системах.

*Пойменные* озера представляют замкнутые водоемы продолговатой формы, которые отчленены от основного русла реки, или протоки. Они характерны для речных долин, формирующихся на равнинах.

*Карстовые* котловины распространены в областях, в которых имеются растворимые породы – известняки, гипсы, доломиты. Растворение приводит к образованию глубоких, но незначительных по площади котловин. Здесь же нередко случаются провалы, обусловленные растворением и выносом нижележащих толщ. В областях многолетней мерзлоты образуются *термокарстовые* котловины, связанные с протаиванием мерзлых пород и просадками грунта. Термокарстовыми являются многие озера тундры. Все они имеют небольшую глубину и невелики по площади.

*Суффозионные* озерные котловины образуются от просадки грунта вследствие выноса грунтовыми водами растворимых, а также легкоподвижных горных пород верхних слоев коры выветривания. Суффозионными являются котловины многих озер степной части Западно-Сибирской равнины и Центральной Азии.

*Органогенные* котловины возникают на сфагновых болотах тайги, лесотундры и тундры, а также на коралловых островах. Причиной их образования является неравномерное нарастание мхов. На коралловых островах озерные котловины образуются в результате неравномерного нарастания полипов. Особую разновидность составляют *реликтовые* озера, возникшие на месте отступивших морей.

Объем и состав озерной воды, независимо от ее происхождения, непрерывно изменяется под действием ряда причин. Озеро получает воду за счет стока: склонового, речного и подземного, а также за счет атмосферных осадков, выпадающих непосредственно на его поверхности. Соотношение приходной и расходной частей круговорота воды в озере характеризует его водный баланс. Расходуется озерная вода в основном на испарение. Если приход воды превосходит испарение, то возникает речной сток.

В зависимости от баланса озера могут быть *сточными*, *бессточными* и с *перемежающимся стоком*. Сточные озера, принимающие реки, называют *проточными*.

Бессточные озера образуются в зонах полупустынь и пустынь. В них приход воды от рек и осадков уравнивается расходом на испарение.

К озерам с перемежающимся стоком в сточный период применима первая формула, в бессточный – вторая.

Водный баланс определяет колебания уровня озера. Например, если расход преобладает над приходом, уровень воды понижается.

Колебания уровней озер бывают сезонными и многолетними. Сезонные определяются годовым режимом осадков и испарения и происходят на фоне многолетних, которые обусловлены изменениями климата. Амплитуда сезонных и годовых колебаний уровня зависит от величины котловины и режима водной массы. Наибольшие изменения уровней свойственны озерам аридных зон (например, Эйр, Чад).

В течение последнего столетия понижается уровень Каспийского моря. С 1880 по 1960 г. он упал примерно на 4 м. Площадь за эти годы сократилась на 30 000 км<sup>2</sup>, исчезли или уменьшились некоторые заливы, увеличилась площадь островов и полуостровов. Изменения объема водной массы Каспия связаны с колебаниями климата в бассейнах рек Волги и Урала.

По качеству и количеству растворенных веществ озера делятся на пресные, солоноватые и соленые. В качестве границы между пресными и солоноватыми принята минерализация в 3%. Соленые озера имеют концентрацию солей 24–26%. Самые соленые озера на Земле – Гюсгунтаг (374%), Мертвое море (270%).

#### **4. Болота**

К болотам принято относить избыточно увлажненные участки местности, имеющие слой вязкого грунта (торфа, ила) более 30 см покрытые

влажнотерпимой растительностью. При меньшей толщине торфа (ила) увлажненные участки местности называются заболоченными землями. По местоположению и характеру питания болота делят на три типа: низинные, верховые и переходные.

*Низинные (травяные) болота*, располагаются в понижениях – поймах и дельтах рек, на берегах морей, в котловинах озер и т. д. Для них типична плоская или вогнутая поверхность, покрытая зелеными (гипновыми) мхами, осокой, камышом, тростником и другими влаголюбивыми растениями. Низинные болота питаются главным образом грунтовыми и поливыми водами. Такие болота обычно сильно увлажнены и поэтому непроходимы или труднопроходимы. Отдельные возвышенные участки болот проходимы для пешеходов. Летом, в сухое время года, проходимость низинных болот несколько улучшается и допускает движение гусеничных машин по отдельным направлениям.

*Верховые (моховые) болота* располагаются обычно на водоразделах, они образуются в понижениях за счет заболачивания суходолов. Грунтовые воды здесь залегают глубоко, и поэтому основное питание верховых болот осуществляется за счет атмосферных осадков.

Хорошо развитый моховой покров болот удерживает в себе большое количество влаги. Типичные верховые болота – это сплошные заросли блого (сфагнового) мха, поверхность болот выпуклая, возвышающаяся над окраинами на 5 м и более. Летом верховые болота частично просыхают и становятся доступными для пешеходов и гусеничного транспорта. Верховые болота бывают как открытыми, так и частично залесенными. На последних встречаются карликовые поросли сосны и других деревьев (ольхи, осины, ивы).

*Переходные болота* формируются на низинах в процессе их развития и по своему внешнему виду и проходимости занимают промежуточное положение между низинными и верховыми болотами.

В своем географическом распространении болота обнаруживают теснейшую зависимость от климата. Низинные болота, питающиеся грунтовыми водами, приурочены к более сухим местам, тогда как болота верховые (водораздельные) существуют во влажном климате и составляют типичное явление для лесной зоны. Чем больше отношение количества выпавших осадков к количеству испарившейся за тот же период влаги, тем сильнее заболоченность территории.

Если общее географическое распространение болот предначертано климатом, то рельеф управляет деталями их распространения. Наиболее благоприятны в этом смысле равнины и понижения, так как подобные формы рельефа сводят к минимуму поверхностный сток. Из других факторов имеет значение литологическое строение местности – близкое залегание к поверхности водонепроницаемых пород. Наиболее крупные болотные массивы находятся на севере европейской части России, в Карелии, в

Полесье, в долине среднего течения Днепра, в Мещерской, Балахнинской и Мокшинской низине, Барабинской степи, в таежной области Восточной Сибири и Дальнего Востока, на западном побережье Камчатки.

## 5. Ледники

*Ледниками* называют движущиеся естественные скопления льда, возникающие на поверхности суши при уплотнении и перекристаллизации многолетних скоплений снега. Непрерывный приток вещества из области питания и расход в области таяния являются условием его существования. Под давлением накопившихся масс снега ледники движутся по своему ложу, изменяя рельеф поверхности. Одновременно они переносят большую массу обломочного материала.

В геологической истории Земли ледниковые эпохи повторялись неоднократно. Наиболее древние ледниковые отложения протерозойского возраста (2700 млн. лет) обнаружены в средних широтах Северной Америки, Австралии, Южной Африки. Оледенения отмечены в каменноугольное и пермское время в Африке, Южной Америке, Австралии. В четвертичное время обширное оледенение отмечалось на равнинах и в горах Евразии и Северной Америки, когда образовались материковые покровы (30% современной суши).

Увеличение оледенения в четвертичное время многие исследователи связывают с изменениями климата в связи с периодическими изменениями наклона земной оси за период 40 тыс. лет. Другая точка зрения – смещение географического полюса.

Первое четвертичное оледенение началось примерно 2 млн. лет назад, а последнее закончилось около 10 тыс. лет назад, охватив значительную часть северного полушария. В этот период ледником были покрыты часть Восточно-Европейской равнины, Западно-Сибирской равнины и большинство горных массивов.

Современное оледенение рассматривается как остаток последней ледниковой эпохи. Многие факты вместе с тем доказывают сокращение современного оледенения. Возможно, это связано с изменениями климата. Следы отступления ледников обнаружены в Альпах, Западном Кавказе, Гренландии. Периодический характер этих изменений хорошо увязывается с изменениями климата, поднятием континентов и изменением рельефа океанического дна.

Ледниками покрыто 16,2 млн км<sup>2</sup>, что составляет 10,89% площади поверхности Земли. Их максимальная мощность – 4200 м – наблюдается в Антарктиде. В горах они имеют значительно меньшую мощность – 100–300 м. Объем льда, содержащегося в современных ледниках, составляет 27–30 млн км<sup>3</sup>. Быстрое их таяние повысило бы уровень Мирового океана на 64 м. Если равномерно распределить массу льда, заключенного в

современных ледниках Земли, по поверхности континентов, то образуется слой в 120 м.

Количество твердых атмосферных осадков, необходимых для образования ледников, меняется в различных географических зонах. Но в любом случае они образуются тогда, когда годовая аккумуляция атмосферных осадков превышает годовой расход на испарение и таяние (абляцию).

Выделяют два типа оледенений – покровное (материковое) и горное. При покровном оледенении лед сплошь покрывает большие участки суши, скрытый подо льдом рельеф почти не отражается на поверхности ледника. На острове Гренландия и в Антарктиде образуются ледяные щиты – огромные ледники с плоско-выпуклой поверхностью, медленно растекающиеся во все стороны под действием собственной тяжести. Спускаясь к морю, такие ледники образуют плавающие языки, а отрываясь, плавающие горы льда – айсберги. В северном полушарии они образуются у берегов Гренландии и острова Северная Земля, в южном – в Антарктике. Морские течения выносят их в умеренные широты до 40–36°. В южном полушарии айсберги отмечены даже у 26° ю.ш.

Горное оледенение внешне отличается от покровного меньшими размерами (снега и льды скапливаются в понижениях и не выходят за их пределы) и несравненно большим разнообразием эрозионных форм рельефа: кары, цирки, трог и др. У горных ледников значительно больше выражена зависимость от форм рельефа и движения – от уклона ложа ледника.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Назовите типы подземных вод.
2. Перечислите типы водного режима рек. Чем они обусловлены?
3. Какие выделяют виды озерных котловин?
4. Дайте характеристику основных типов болот.
5. Каково значение ледников в географической оболочке?

## ТЕМА 32

### ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

1. Почва. Состав и свойства почвы.
2. Строение почвы.
3. Типы почв Беларуси.
4. Охрана и рациональное использование земель.

#### 1. Почва. Состав и свойства почвы

*Почва* – особое природное образование, продукт взаимодействия живых организмов, горных пород и климатических факторов. Это область наибольшей концентрации живых организмов (растений, животных, грибов, бактерий), продуктов их обмена веществ и разложения. Основоположником *почвоведения* (современной науки о почве) был *В.В. Докучаев* (1846 – 1903). Он установил, что *почва* – самостоятельное природное тело, которое обладает только ему присущими свойствами и строением. К *факторам почвообразования* относят: материнскую породу (верхняя рыхлая часть горных пород), климат, растительность, рельеф местности, живые организмы, бактерии, деятельность человека.

Почва образуется очень медленно. Проходят тысячелетия с момента поселения первых организмов на горных породах до полного формирования почвы. За 100 лет мощность почвы увеличивается всего на 0,5 – 2 см.

*Состав и свойства почвы.* Как природное образование почва имеет сложный состав. *Минеральные вещества* образовались в результате разрушения горных пород под воздействием физических и химических факторов, а также благодаря жизнедеятельности почвенных бактерий.

*Климат* влияет на характер выветривания горных пород, воздействует на тепловой и водный режим почвы и в значительной степени определяет растительный покров и животный мир.

*Органическую часть почвы* составляют неразложившиеся и слабо-разложившиеся остатки растений, животных и микроорганизмов. В процессе разложения органических веществ в почве образуется *перегной*, или *гумус*, который играет большую роль в плодородии почвы. Суммарный запас гумуса в сухопутных почвах составляет около 160 т/ га. От количества образовавшегося перегноя в почве зависит ее главное свойство – *плодородие* – способность обеспечивать растения усвояемыми питательными веществами, влагой и давать хороший урожай. Плодородие почвы очень динамичное (быстрое) свойство, способное быстро меняться под влиянием природных условий и агротехнических приемов.

*Растения* непосредственно воздействуют на почву: их корни рыхлят почвенную массу, извлекая из нее минеральные элементы. Представители *животного мира*, главным образом беспозвоночные, живущие в верхних горизонтах почвы (дождевые черви, многочисленные насекомые и их ли-

чинки), рыхлят почву, разлагают органические остатки, изменяют химические свойства почвы. *Почвенные живые организмы* (прежде всего микроорганизмы) – это неотъемлемая часть почвы, активно участвующая в ее формировании. В 1 г почвы содержатся миллионы и десятки миллионов микроорганизмов.

*Вода в почве.* Почва служит основным источником влаги для растительности. Важные свойства почвы – водопроницаемость и влагоемкость.

*Водопроницаемость* – это способность почвы пропускать через себя воду. Например, песчаные почвы водопроницаемы, они задерживают влагу, а глинистые почвы плохо пропускают воду, затрудняя ее доступ к растениям.

*Влагоемкость* – способность почвы вмещать и удерживать то или иное количество воды. Чем мельче частицы почвы, тем больше ее влагоемкость, но при этом уменьшается ее водопроницаемость.

*Воздух в почве.* Атмосферный воздух проникает в почву, создавая условия для прорастания семян, развития корневой системы, окисления, находящихся в почве органических и минеральных веществ. Чем больше кислорода в почве, тем лучше развиваются растения. Поэтому для лучшего проникновения воздуха в почву ее рыхлят и вспахивают. Почвенный воздух заполняет поры и пустоты в почве. Здесь меньше кислорода и больше углекислого газа, чем в атмосферном воздухе.

*Механический состав.* По этому признаку почвы разделяют на глинистые, суглинистые, песчаные и супесчаные. Механический состав оказывает влияние на содержание в почве влаги и почвенного воздуха. Через почвы песчаного механического состава вода быстро просачивается, и почва быстро высыхает, поэтому растения испытывают недостаток влаги. Почвы глинистого механического состава хорошо удерживают большое количество воды, которая полностью вытесняет из пор почвенный воздух, что тоже неблагоприятно для растений. Наиболее благоприятными для растений являются почвы супесчаного и суглинистого механического состава.

Как среда жизни почва занимает промежуточное положение между атмосферой и гидросферой: она обладает структурированностью, здесь возможно обитание организмов, дышащих как по водному так и по воздушному типу. Все это определяет распространение в почве: микроорганизмы встречаются по всей её толще, растения связаны с первым горизонтом (корневая система некоторых деревьев достигает глубины 8-10 м) (рис.44). Так, в одном грамме почвы содержится до 10 млрд микроорганизмов, а на одном гектаре лесных почв живет 3-6 млн дождевых червей. Норы и ходы грызунов, насекомых и червей проникают в почву на глубину не более 5-7 м.

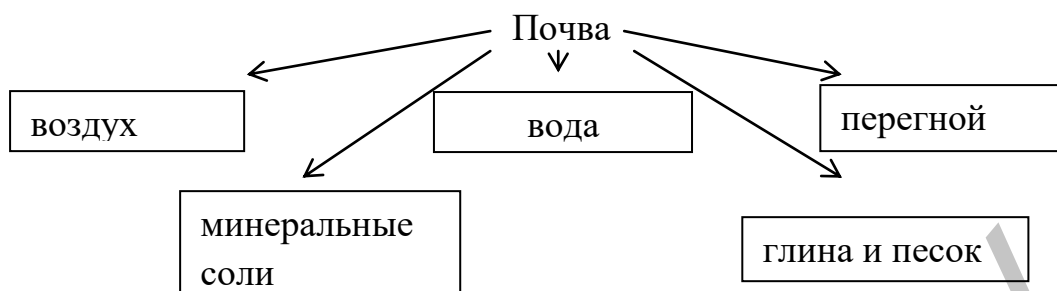


Рисунок 44 – Схема состава почвы.

Таким образом, почва занимает промежуточное положение между миром живых организмов и неорганической природы.

## 2. Строение почвы

Процессы выветривания, образование гумуса и передвижения органических и минеральных соединений в пределах почвенного профиля определяют формирование в вертикальном разрезе почв несколько связанных между собой слоев – почвенных горизонтов (рис.45).

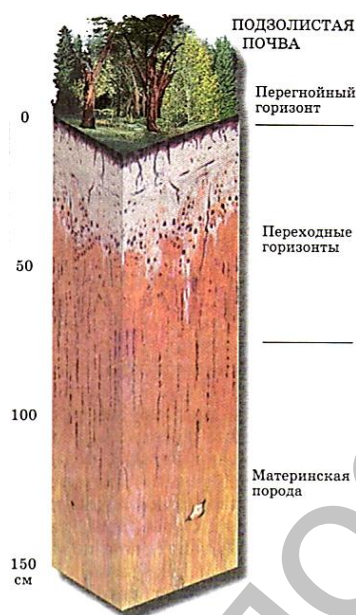


Рисунок 45 – Строение подзолистой почвы.

В зависимости от типа почвы, как правило, выделяют три основных горизонта. Например, в дерново-подзолистых почвах, которые распространены в зоне смешанных лесов, верхний горизонт – *дернина*, которая пронизана корнями травянистых растений. Под этим горизонтом залегает *гумусовый горизонт*, в который попадают отмершие надземные части растений. В этом горизонте особенно много микроорганизмов, червей, насекомых и их личинок. Здесь происходит накопление органических веществ и образование перегноя, или гумуса. Гумусовый горизонт самый темный. Цвет его зависит от накопившегося перегноя, количество которого уменьшается сверху вниз. Ниже располагается более светлый горизонт – *подзолистый* (напоминающий по цвету золу – отсюда и название). Он формируется в условиях большого количества осадков, которые, просачиваясь через почву, выносят органические и минеральные соединения, и остается один кремнезем. Ниже лежит *горизонт вымывания*. В него попадает то, что теряет верхняя часть почвы, в нем накапливается много мельчайших минеральных частиц, и поэтому он более плотный. В этом горизонте могут накапливаться окислы железа или карбонаты, гипс или легко растворимые соли.

Еще ниже лежит слабо измененная *материнская порода*, на которой образовалась почва.

### 3. Типы почв Беларуси

Разнообразие природных условий, проявление различных почвообразовательных процессов в разных сочетаниях обусловили разнообразие почвенного покрова Беларуси. Сейчас в нем выделяется 13 типов почв и более 400 почвенных разновидностей.

*Дерново-подзолистые почвы* являются зональными и самыми распространенными. Они занимают около 35% от общей площади сельскохозяйственных земель Беларуси и распространены равномерно по всей территории. Развиваются почвы на разных почвообразующих породах под воздействием дернового и подзолистого процессов почвообразования. Невысокое содержание перегноя (1–2%) и повышенная кислотность обусловили их низкое природное плодородие. Для его повышения необходимо внесение минеральных и органических удобрений, а также известкование (внесение доломитовой муки).

*Дерново-карбонатные почвы* формируются на карбонатных породах – известняках. Характеризуются высоким содержанием гумуса (3–6%) и нормальной кислотностью. Основным процессом почвообразования в них является дерновый. Это самые плодородные почвы республики. К сожалению, они встречаются в виде мелких пятен среди дерново-подзолистых почв в разных регионах Беларуси и их доля составляет всего 0,1 % от общей площади пашни.

*Бурые лесные и подзолистые почвы* на территории Беларуси распространены слабо. Первые из них формируются преимущественно под широколиственными лесами, вторые под хвойными. Бурые лесные почвы характеризуются высоким плодородием, а подзолистые очень низким. Первые из них не используются в сельском хозяйстве из-за малой распространенности, вторые из-за низкого качества.

*Дерново-подзолистые заболоченные почвы* занимают около 30% сельскохозяйственных земель. Особенно широко они представлены на севере Беларуси, где занимают более половины территории. Почвы этого типа являются аналогами дерново-подзолистых, но формируются в условиях длительного переувлажнения. Обычно дерново-подзолистые заболоченные почвы приурочены к пониженным элементам рельефа. Они имеют более высокую кислотность, меньше минеральных веществ, но более высокое содержание гумуса.

*Дерновые заболоченные почвы* занимают около 11% сельскохозяйственных угодий Беларуси. Особенно широко они представлены на Полесье, где могут образовывать крупные массивы. Образуются почвы в результате дернового и болотного почвообразовательных процессов. Приурочены к пониженным элементам рельефа, где формируются под травянистой рас-

тительностью. Они содержат много минеральных веществ и гумуса, поэтому характеризуются высоким потенциальным плодородием.

Своеобразно происходит формирование почв в поймах рек. Тут формируются пойменные дерновые заболоченные почвы. Они затапливаются во время половодья, довольно длительное время переувлажнены и получают песчаные наносы. В результате этого почвенный профиль характеризуется выраженной слоистостью. Богатая травянистая растительность пойм обуславливает формирование мощного гумусного горизонта. Близкое залегание грунтовых вод не позволяет использовать эти почвы под пашню. Наиболее распространены в поймах Припяти и Днепра.

Постоянно переувлажненные почвы делятся на торфяно-болотные низинные, торфяно-болотные верховые и аллювиальные болотные.

*Торфяно-болотные почвы* занимают около 13% сельскохозяйственных земель Беларуси. Среди них около 80% приходится на низинные. Формируются эти почвы в пониженных местах, где застаиваются грунтовые воды. Постоянное переувлажнение приводит к господству болотного процесса почвообразования и накоплению торфа. Они характеризуются высоким потенциальным плодородием. Но их использование возможно только после осушения. Наиболее распространены торфяно-болотные низменные почвы на юге Беларуси.

Торфяно-болотные верховые почвы встречаются преимущественно на севере Беларуси и приурочены к плоским водоразделам. Они характеризуются очень высокой кислотностью и низким природным плодородием. В сельскохозяйственном производстве обычно не используются.

На пониженных участках пойм формируются *аллювиальные болотные почвы*. Они почти не отличаются от торфяно-болотных низинных, но содержат больше минеральных веществ.

#### **4. Охрана и рациональное использование земель**

В настоящее время наибольшей угрозой для разрушения почв являются эрозийные процессы. *Эрозия* – процесс разрушения почвенного покрова и снос его частей потоками воды (водная эрозия), ветром (ветровая эрозия).

Эрозия почвы – это результат неправильного использования земельных угодий, низкой агротехники, а также вырубка лесов, непродуманное строительство дорог, выпас скота на склонах оврагов и холмов. Для предупреждения эрозии почв и борьбы с ней осуществляется система противоэрозионных мероприятий. Прежде всего – это высокая культура земледелия, которая включает:

- 1) соблюдение севооборотов: монокультура приводит к истощению почвы;
- 2) распахиwanie почвы поперек склонов, чтобы не сносился водой ее плодородный слой;

3) внесение минеральных и органических удобрений в научно-обоснованных нормах и с продолжительным сроком действия;

4) использование преимущественно биологических средств охраны урожая.

Для охраны почв в Беларуси проводятся следующие мероприятия:

1) посадка придорожных и полезащитных лесных полос;

2) строительство эффективных очистных сооружений и переработка навоза на свиноводческих фермах и комплексах по выращиванию крупного рогатого скота;

3) рекультивация (искусственное возобновление плодородия) загрязненных земель промышленными и бытовыми отходами, выбросами радиоактивных элементов при аварии на ЧАЭС;

4) запрет весенних палов травы, т. к. нарушается микрофлора почвы, гибнут семена растений, животные, сгорает гумус, который образовался за прошлый год из растительных остатков.

Все это в целом позволяет минимизировать негативное влияние на почву и способствует сохранению ее плодородия для будущих поколений людей.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Дайте определение понятию почва.

2. Назовите основные составные элементы почвы и их влияние на плодородие.

3. Какое строение имеет почва? Поясните ответ.

4. Какие почвы характерны для Республики Беларусь?

5. Поясните основные мероприятия по борьбе с эрозией почвы и ее охраной.

## ТЕМА 33 БИОСФЕРА ЗЕМЛИ

1. Биосфера и ее границы.
2. Понятие о биогеоценозе Земли. Структура биогеоценоза.
3. Круговорот веществ и энергии в природе.
4. Понятие о ноосфере.
5. Проблемы охраны биосферы.

### 1. Биосфера и ее границы

*Биосфера* - самая крупная, целостная, относительно устойчивая *экосистема Земли*, населенная живыми организмами и преобразованная ими.

Это совершенно особое явление природы: в тонком слое у поверхности Земли соприкасаются и переходят друг в друга земные оболочки нижняя часть *атмосферы*, *гидросфера*, верхняя часть *литосферы*, где утвердилось и существует жизнь в любых её формах и проявлениях. Определение биосферы как особой оболочки Земли и само её название были предположены австрийским ученым-геологом Э. Зюссом (1831 – 1914) в его работе «Лик Земли».

Основные положения *учения о биосфере* как особой оболочке Земли, населенной живыми организмами, разработаны русским ученым *В.И. Вернадским* (1863 – 1945). Он определил ведущую роль живого вещества в преобразовании земной поверхности и возникновение «разумной» оболочки Земли *ноосферы*.

Начало эволюции биосферы обусловлено появлением живых организмов на Земле, где решающая роль принадлежит *растениям*. Это повлекло изменения в оболочках Земли: в *атмосфере* произошло накопление кислорода, началось поглощение углекислого газа растениями, формирование озонового слоя, поддержание постоянного газового состава; в *литосфере* образовались полезные ископаемые: фосфориты, торф, уголь, железные и марганцевые руды, а также новое вещество – почва; в *гидросфере* произошло образование гигантской толщины осадочных пород на дне океана и распространение до больших глубин жизни. В результате активизировались процессы ускорения биогеохимических круговоротов в биосфере, усложнения живых организмов, увеличения их разнообразия, формирования сложных *экосистем*.

Современная *биосфера* имеет *границы*: верхняя граница совпадает с озоновым экраном в стратосфере. Озоновый слой (на высоте около 20 – 30 км) защищает Землю и все живые организмы от космического излучения и ультрафиолетовых лучей Солнца. Нижняя граница биосферы проходит по дну океана в гидросфере и на глубине 3 – 5 км, в литосфере. В биосфере везде встречается либо само *живое вещество*, либо следы его деятельности: газы, природная вода, запасы нефти, угля, глины, торфа и т.д. Необходимыми условиями для жизни живых организмов являются *вода, воздух, свет и тепло*. Температурный фактор, степень влажности и осве-

щенности определяют распространение жизни на планете . В связи с этим наиболее плотно заселен организмами поверхностный слой земной коры, который составляет *почва*.

Вся совокупность живых организмов планеты составляет *биомассу Земли* (живое вещество). Она равна  $2423 \cdot 10^9$  сухой массы, из которой 97% приходится на растения, и всего только 3% - на животных и микроорганизмы. Живое вещество обладает способностью расти, размножаться и расселяться. Оно неодинаково в различных средах и на поверхности Земли. Основная биомасса сосредоточена на континентах - 99,8%.

Таким образом, *биосфера* представляет собой сложную равновесную систему, которая объединяет всю *живую* и *неживую* (среда обитания) природу Земли. Она включает разные уровни жизни, в том числе и биогеоценоз. Системы взаимодействия живой и неживой природы получили название экологических систем или *биогеоценозов*.

## 2. Понятие о биогеоценозе Земли. Структура биогеоценоза

*Биогеоценоз* – однородный участок земной поверхности с исторически сложившимся определенным составом *живых организмов* (биоценоз) и компонентов *неживой природы* (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва и пр.), взаимовлияющих друг на друга и образующих единый природный комплекс (тропический лес, болото) в определенном месте и в конкретный момент времени. Ему присуща относительная *устойчивость* и *саморегуляция*.

Учение о *биогеоценозе* было разработано русским ученым В. Н. Сукачевым (1880 – 1967). Он рассматривал *биогеоценозы* как относительно устойчивые, саморегулирующиеся системы, существующие десятки и сотни лет. Их устойчивость зависит от разнообразия видов, их численности и приспособленности к совместному обитанию, саморегуляции, круговорота веществ, влияния деятельности человека (рис.46).



Рисунок 46 – Схема биогеоценоза по В. Н. Сукачеву, 1964 г.

*Биотоп* – это место, которое занимает биоценоз и представляет возможности для жизни определенной группы грибов, растений, животных и микроорганизмов.

Всю совокупность растений и грибов, населяющих биоценоз, называют *фитоценозом*, сообщество животных и микроорганизмов – *зооценозом*.

Однако *биогеоценоз* – это не просто сумма биоценоза и биотопа, а целостное и качественное обособленное явление природы, действующее и развивающееся по своим собственным закономерностям, основу которых составляет обмен веществ между его обитателями, их приспособленность и взаимовлияние к среде обитания.

*Биосфера* – самый крупный биогеоценоз планеты, поддерживающий глобальный круговорот веществ.

### 3. Круговорот веществ и энергии в природе

Все живые организмы находятся во взаимосвязи с неживой природой и включены в непрерывный *круговорот веществ и энергии*. *Круговорот веществ* – непрерывный циклический процесс перераспределения химических веществ в биосфере. В результате происходит биогенная миграция атомов. Необходимые для жизни организмов химические элементы переходят из внешней среды в организм. При разложении органических веществ эти элементы вновь возвращаются в окружающую среду. В природе различают два основных круговорота: *большой* (геологический) и *малый* (биологический).

*Биологический круговорот* – обеспечивает целостность, устойчивость биосферы и происходит на уровне биогеоценоза. Энергия Солнца – основа биологического круговорота. *Космическая роль* растений заключается в использовании энергии Солнца на создание органических веществ из неорганических, распространение органических веществ и энергии по цепям питания. Таким образом, *биологический круговорот веществ* – это циркуляция веществ между растениями, животными, грибами, микроорганизмами и почвой. *Суть* его заключается в протекании двух противоположных, но взаимосвязанных процессов, создание органических веществ и их разрушения (рис.47).

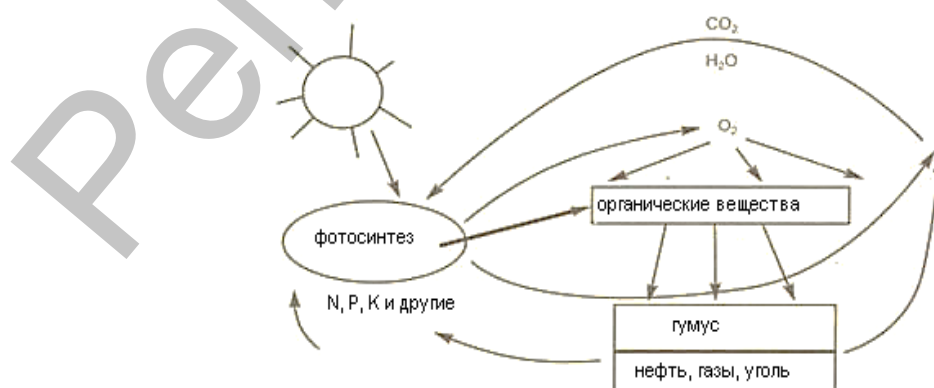


Рисунок 47 – Биологический круговорот веществ.

Круговорот энергии связан с круговоротом таких веществ как кислород, водород, углерод, азот, фосфор, хлор, сера, фтор, кремний, алюминий, железо и т.д. и ключевым элементом биосферы – воды. В атмосфере всегда присутствуют активные газы: азот – 78%, кислород – 20,9%, углекислый газ – 0,033% и другие газы-примеси, в том числе, пары воды. Эти газы преобразуются живым веществом планеты. В процессе *фотосинтеза* зеленые растения поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Углекислый газ идет на построение органических веществ и через растительные организмы в виде питательных веществ переходит в организм животных. Кислород используется всеми живыми организмами в процессе дыхания, для окисления органических веществ, при разложении отмерших остатков организмов. В результате этих процессов углекислый газ вновь выделяется в атмосферу. Свободный азот атмосферы поглощается в почве азотфиксирующими бактериями и переводится в связанное, доступное для усвоения состояние. Из почвы соединения азота поглощаются растениями для синтеза органических веществ. После отмирания другая группа микроорганизмов освобождает азот и возвращает его в атмосферу.

Таким образом, благодаря сбалансированному круговороту газов состав атмосферы поддерживается на постоянном уровне. В воздушный круговорот включается 98,3% всех веществ.

Большие запасы фосфора находятся в горных породах. При разрушении горных пород фосфор оказывается в почвах, а оттуда поступает в живые организмы. Часть фосфатов растворяется в воде и попадает в Мировой океан, где оседает на дне в виде отложений.

Вода также втягивается в круговорот. В процессе *фотосинтеза* она используется для синтеза органических веществ, а при дыхании и разложении органических остатков выделяется в окружающую среду. Кроме того, вода необходима для жизнедеятельности всем живым организмам. В ней растворяются минеральные соли и органические вещества, необходимые живым организмам. Через водную среду проходит круговорот элементов натрия, магния, кальция, железа, серы и других элементов, что в общей сложности составляет 1,7 % общего количества веществ, включаемых в круговорот.

В результате *круговорота веществ* происходит непрерывное перемещение химических элементов из живых организмов в неживую природу и обратно. Круговорот веществ включает два противоположно направленных процесса, связанных с аккумуляцией элементов в живых организмах и минерализацией в результате их разложения. При этом образование живого вещества преобладает на поверхности Земли, а минерализация – в почве и морских глубинах.

Одновременно с миграцией атомов происходит и преобразование *энергии*. Единственным источником энергии на Земле является *Солнце*. Часть тепла расходуется на обогрев Земли и испарение воды. И только 0,2 % солнечной энергии используется в процессе *фотосинтеза*. Эта энер-

гия преобразуется в энергию химических связей органических веществ, при расщеплении которых в процессе питания энергия освобождается и расходуется на процессы жизнедеятельности организмов: рост, движение, размножение, развитие, обогрев тела. Этот процесс незамкнутый, поэтому постоянно необходимо поступление солнечной энергии.

Итак, *биосфера* представляет собой большую систему, состоящую из разнородных компонентов, связанных между собой процессами миграции энергии и вещества. Миграция веществ замкнута в циклы, компонентами которых являются тела живой и неживой природы. Цикличность процессов обеспечивает непрерывное существование *биосферы*.

#### 4. Понятие о ноосфере

Человек – элемент биосферы, под влиянием которого происходит дальнейшая ее эволюция. Все природные ресурсы планеты обуславливают возможность жизни человека и служат основой его материального производства. Рост населения, развитие науки и техники привели к тому, что деятельность человека стала фактором развития *биосферы*. Под влиянием научной мысли и человеческого труда возникла возможность перехода биосферы в новое состояние – *ноосферу*.

*Ноосфера* (по В. И. Вернадскому) – это биосфера, охваченная и преобразованная деятельностью человека и измененная научной мыслью, «сфера разума», «мыслящая оболочка Земли».

#### 5. Проблемы охраны биосферы

Человечество интенсивно использует как живые, так и минеральные природные ресурсы, поэтому возникают следующие экологические *проблемы биосферы* (рис.48):



Рисунок 48 – Проблемы биосферы.

Вмешательство человека нарушает круговорот веществ, а последствия этих нарушений наносят биосфере непоправимый вред. Поэтому актуальной проблемой для человечества является *охрана биосферы* – совокупность мероприятий, направленных на поддержание природы планеты в состоянии, соответствующим эволюционному уровню биосферы, ее живого вещества, а также человека.

#### *Основные мероприятия по охране биосферы Земли.*

- Создание безотходных производств, экологически чистых технологий; очистка воздуха и сточных вод; рекультивация (искусственное воссоздание) земель; мелиорация почвы, направленная на повышение ее плодородия; надежность проектов АЭС; развитие нетрадиционных источников энергии.
- Диагностика различных химических препаратов на их мутагенную активность, разработка методов лечения наследственных заболеваний.
- Защита растительного и животного мира. Создание заповедников и заказников – природных территорий, находящихся под наблюдением ученых; сохранение эталонов и памятников природы – уникальных природных объектов; создание национальных парков; составление списков исчезающих животных и растений (Красная книга), осуществление проектов по разведению редких видов организмов в искусственных условиях и акклиматизации их в природе. Сохранение генофонда флоры и фауны планеты.
- Воспитание экологического сознания и культуры у населения.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Охарактеризуйте биосферу как глобальную экосистему и как комплексную живую оболочку Земли.
2. Что определяет границы биосферы? Какие факторы ограничивают жизнь в морских глубинах, в литосфере, в верхних слоях атмосферы?
3. Дайте характеристику структурным элементам биогеоценоза.
4. Назовите основной источник энергии, обеспечивающий круговорот веществ в биогеоценозе?
5. В чем сущность круговорота веществ и энергии в биосфере?
6. Какое определение дал В. И. Вернадский ноосфере?
7. Чем обусловлены глобальные изменения в биосфере?
8. Каковы основные пути защиты целостности и равновесия в биосфере?

## ТЕМА 34 КРАЕВЕДЕНИЕ

1. Географическое положение Республики Беларусь.
2. Рельеф Беларуси.
3. Полезные ископаемые.
4. Климат.
5. Поверхностные воды.

### **1. Географическое положение Республики Беларусь**

Беларусь относится к средним по размерам территории странам мира. Она занимает площадь 207,6 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет немногим более 2% от площади Европы. В мировом сообществе государств доля Беларуси по площади составляет 0,15 %.

Республика занимает компактную территорию, которая по своей форме напоминает пятиугольник. С севера на юг страна простирается на 560 км, с запада на восток на 650 км. На автомобиле в любом направлении территорию республики можно проехать из одного конца в другой за 8-10 часов.

Общая протяженность государственной границы Республики Беларусь составляет 2969 км. Беларусь граничит с пятью государствами: Россией, Украиной, Польшей, Литвой, Латвией. На северо-востоке и востоке страны на 990 км тянется граница с Россией. На юге граничит с Украиной (протяженность 975 км). На западе на протяжении 399 км Беларусь граничит с Польшей. На северо-западе соседями Беларуси являются Литва (462 км) и Латвия (143 км). Небольшие участки границы с Литвой и Латвией проходят по Неману и Западной Двине. На севере Беларуси государственные границы проходят через озера (Дрисвяты, Ричи, Езерище и др.).

Во многих местах границы Беларуси пересекаются автомобильными дорогами, железными дорогами, нефтепроводами и газопроводами.

Географическое положение страны оказывает значительное влияние на историческое развитие и хозяйственную деятельность населения. Оно является одним из важнейших стратегических факторов социально-экономического развития страны.

Беларусь расположена в центре Европы, которая имеет очень сложную геометрическую фигуру. Последние расчеты геодезистов доказывают, что географический центр Европы расположен именно на территории Беларуси. Ранее считалось, что пункт находится в Глубокском районе Витебской области в районе озера Шо и имеет координаты 55°10' с.ш. и 28°12' в.д. Сейчас определен в г. Полоцке и имеет координаты 55°30' с.ш. и 28°48' в.д.

Беларусь расположена в пределах Русской равнины, на водоразделе рек бассейнов Балтийского и Черного морей. Равнинный рельеф благоприятен для различных видов хозяйственной деятельности. Наличие водораздела обусловило распространение на территории Беларуси преимущественно малых рек, которые не могут использоваться для судоходства на современном этапе.

## 2. Рельеф Беларуси

Территория Беларуси является частью Восточно-Европейской (Русской) равнины. Для нее характерен равнинный рельеф. Средняя абсолютная высота поверхности составляет 160 м над уровнем моря. Волнистые равнины чередуются с холмистыми возвышенностями и слабовогнутыми низменностями.

Низменности занимают около 30 % территории Беларуси. К ним относятся пониженные места с абсолютными отметками высот от 80 до 150 м. Они характеризуются преимущественно плоским рельефом с небольшими относительными превышениями, которые составляют 1–2 м. Речные долины в пределах низменностей преимущественно широкие и плоские, часто заболоченные.

Около половины территории Беларуси занимают равнины с абсолютными высотами от 150 до 200 м. Для них наиболее характерен пологоволнистый рельеф с относительными превышениями 5–10 м.

Приподнятые участки территории Беларуси с абсолютными высотами от 200 до 345 м занимают возвышенности. Они характеризуются более сложным рельефом. Относительные превышения в их пределах от 10 до 40 м, а на самых высоких возвышенностях изредка могут достигать даже 100 м. На возвышенности приходится немногим более 20 % территории республики. Возвышенности пересекаются узкими и глубокими речными долинами, а местами оврагами и балками.

На образование рельефа Беларуси оказали влияние разные процессы. Прежде всего, отмечается зависимость рельефа от геологического строения. Так, к поднятиям кристаллического фундамента обычно приурочены возвышенности. Например, к Белорусской антеклизе – Минская, Новогрудская, Ошмянская и др. Отрицательным и переходным структурам, наоборот, соответствуют низменности. В пределах Припятского прогиба расположена Полесская низменность, а в пределах Латвийской седловины – Полоцкая. В отдельных случаях прямая связь рельефа с тектоникой не наблюдается. Так, Витебская и Оршанская возвышенности расположены в пределах Оршанской впадины.

Наибольшее влияние на формирование современного рельефа оказали древние оледенения. Благодаря аккумуляции моренных отложений образовались конечно-моренные возвышенности и моренные равнины. Отдельные формы рельефа формировались в результате выпаживания во время движения больших толщ льда. Не меньшее влияние на формирование рельефа оказали талые воды ледников. Они образовывали приледниковые озера или перекрывали водными потоками пониженные участки рельефа. Текущие либо стоячие ледниковые воды изменяли рельеф территории. Таким образом, с деятельностью древних оледенений почти на 80 % связано образование современной поверхности Беларуси.

Формирование рельефа речных долин и отдельных низменностей Полесья связано с древними и современными водными потоками. Текущие воды образуют овраги, прирусловые валы и старицы, подмывают берега рек. В результате деятельности ветра на территории Беларуси появились песчаные дюны. Встречаются они преимущественно на Полесье.

Конечные морены обычно образуют холмистый моренный рельеф. Этот тип рельефа распространен на возвышенностях. Наиболее характерные для него формы – моренные холмы, разные по своим контурам и высоте. На их склонах обычно образуются ложбины, в понижениях – долины рек и ручьев.

В зависимости от времени формирования выделяют возвышенный моренный рельеф поозерского, сожского и днепровского возраста. Самые древние краевые моренные возвышенности днепровского возраста на территории республики почти не сохранились. Они встречаются только на Полесье. Грядово-холмистый рельеф сожского возраста распространен в центральных районах республики, где размещается Белорусская гряда. Формы рельефа сожского и днепровского возраста сглажены эрозионными процессами. На севере Беларуси встречаются возвышенности поозерского возраста. Они характеризуются лучшей сохранностью первичных форм рельефа, крутыми склонами, наличием озерных котловин среди холмов.

В районах с меньшей мощностью моренных отложений образовались моренные равнины. Они распространены на севере и в центральных районах республики. Характеризуются пологоволнистой поверхностью.

Преимущественно к югу от возвышенностей Белорусской гряды сформировались водно-ледниковые равнины. Они мало отличаются по внешнему виду от моренных равнин. Но сложены преимущественно песками и супесями, поэтому рельеф немного менее волнистый.

На севере Беларуси на месте приледниковых озер после отступления поозерского ледника сформировались озерно-ледниковые низменности. Они характеризуются плоским рельефом, который изредка нарушается речными долинами и ложбинами стока.

На Полесье широко распространены озерно-аллювиальные и аллювиальные низменности, которые образовали древние и современные водные потоки. Рельеф в их пределах характеризуется плоской поверхностью, которая изредка усложняется наличием стариц и дюн. Образование последних связано с деятельностью ветра и водных потоков на песчаных отложениях.

### **3. Полезные ископаемые**

Успешное развитие экономики страны невозможно без добычи и использования минерального сырья. До недавнего времени считалось, что в Беларуси очень мало минеральных ресурсов. Но сейчас в недрах страны выявлены разнообразные полезные ископаемые. Открыто более 5 тыс. ме-

сторождений минерального сырья, которое включает около 30 видов полезных ископаемых. Часть из них сегодня добывается, часть детально разведана и может разрабатываться в ближайшие годы. Полезные ископаемые различаются по условиям потребления и по условиям залегания.

По условиям потребления полезные ископаемые делятся на 4 группы: горючие, металлические, неметаллические и жидкие. Неметаллические (нерудные) полезные ископаемые в свою очередь делятся на строительные материалы, промышленное и химическое сырье. Многие полезные ископаемые (доломит, гипс, мел, мергель и др.) могут использоваться и как химическое сырье, и как строительные материалы.

**Горючие полезные ископаемые.** Беларусь не очень богата горючими полезными ископаемыми. В ее пределах открыты нефть, бурый уголь, горючие сланцы и торф.

Большая часть горючих полезных ископаемых приурочена к Припятскому прогибу. В восточной его части выявлено около 60 месторождений нефти. Из-за сложного тектонического строения Припятского прогиба преобладают небольшие по запасам месторождения. Промышленная добыча нефти на Речицком месторождении (около д. Капаровка) началась в 1965 г. Нефть залегает на глубине от 1600 до 4600 м. Большая глубина залегания требует строительства сложных буровых установок, удорожает ее разведку и добычу.

Сейчас разрабатывается около 50 месторождений нефти. В последние годы добывается немногим менее 2 млн т нефти в год, что составляет около 15 % от потребностей республики. Вместе с нефтью добывается попутный природный газ, который направляется на Белорусский газоперерабатывающий завод вблизи Речицы.

В южных районах Беларуси встречаются месторождения бурого угля. Наиболее значительные из них приурочены к западной части Припятского прогиба. Пласты бурого угля залегают на разных глубинах – от 1100 до 20 м. Промышленное значение имеют неогеновые угли Припятского бассейна. Сейчас детально разведаны Житковичское и Бриневское месторождения. В их пределах угли залегают близко к поверхности, поэтому возможна добыча открытым способом. На сегодняшний день месторождения не разрабатываются.

В пределах Припятского прогиба также открыты пласты горючих сланцев. Разведаны Туровское и Любанское месторождения. Запасы горючих сланцев большие, но залегают они глубоко. Разработка открытым способом невозможна. Качество горючих сланцев низкое, поэтому они пока рассматриваются как резервный вид топлива.

Очень широко распространены на территории Беларуси залежи торфа. Торфяники встречаются на 12 % площади республики. В качестве месторождений рассматриваются те, где мощность слоя торфа превышает 70 см. В отдельных случаях она может достигать 11 м – Ореховский Мох Пу-

ховичского района. Из нескольких тысяч месторождений сейчас разрабатывается немногим более 100, на которых ежегодно добывается около 5 млн т торфа.

**Металлические полезные ископаемые.** Геологическим строением территории Беларуси обусловлено малое распространение металлических полезных ископаемых. В 60-х гг. прошлого века были открыты 2 месторождения железных руд: Околовское в Столбцовском районе и Новоселковское в Кореличском. Железные руды залегают на глубине от 140 до 360 м и содержат 20 – 30 % железа. Сейчас месторождения не разрабатываются. По расчетам геологов, их добыча будет рентабельной при комплексном использовании руд.

С породами кристаллического фундамента связаны проявления цветных и редких металлов. Открыты они на Белорусской антеклизе и Микашевичско-Житковичском выступе. Но содержание в рудах меди, цинка, молибдена, никеля, бериллия, вольфрама составляет менее 1–2 %. Поэтому они сейчас промышленного значения не имеют.

Неперспективными на сегодняшний день являются также проявления золота и бокситовых руд.

**Неметаллические полезные ископаемые.** Эта группа полезных ископаемых является самой распространенной на территории Беларуси как по количеству видов минерального сырья, так и по его запасам. Выявлено около 20 видов полезных ископаемых, которые являются прежде всего сырьем для строительных материалов и химической промышленности.

Огромное значение для Беларуси имеют запасы калийных солей. По запасам и добыче этого ценного химического сырья Беларусь входит в первую пятерку стран мира. Балансовые запасы составляют свыше 3 млрд т сырых калийных солей. Распространены калийные соли в Припятском прогибе. Залегают на глубинах от 350 до 4000 м. Сейчас выявлены 2 крупных месторождения: Старобинское и Петриковское, из которых первое разрабатывается. Калийные удобрения имеют большое экспортное значение и вывозятся во многие страны мира.

К отложениям Припятского прогиба приурочены также месторождения каменной соли. Сегодня детально разведаны 3 месторождения: Мозырское, Старобинское и Давыдовское. Промышленные запасы каменной соли считаются практически неограниченными (более 20 млрд т). Сейчас добыча соли ведется на Мозырском месторождении путем подземного растворения. В 1990-х гг. шахтным способом началась добыча каменной соли вместе с калийными на Старобинском месторождении. Давыдовское месторождение каменной соли не разрабатывается.

Еще в середине XIX в. были открыты месторождения фосфоритов. Наиболее значительными из них являются Мстиславльское и Лобковичское в Могилевской области. Фосфориты залегают близко к поверхности,

но не разрабатываются в связи с низким качеством руд и сложными гидро-геологическими условиями.

На дне многих озер Беларуси встречаются сапропели. Мощность их составляет 3–5 м, а в озере Святом Сенненского района достигает 20 м. Сейчас разведано около 150 месторождений, которые имеют промышленное значение. Сапропели используются в качестве удобрений, как химическое сырье, лечебные грязи.

Преимущественно на северо-востоке Беларуси открыты доломиты. Недалеко от Витебска расположено самое крупное месторождение доломитов – Рубовское. Оно разрабатывается открытым способом. Доломиты используются преимущественно для известкования почв и производства строительных материалов.

В качестве промышленного сырья в Беларуси можно рассматривать такие полезные ископаемые, как гипс, каолин, стекольные и формовочные пески, янтарь. Большинство из них приурочены к Полесью.

На юге Беларуси среди неогеновых отложений найдены стекольные и формовочные пески. Они характеризуются высоким содержанием кварца (98–100 %), поэтому могут использоваться в стекольной промышленности. Наибольшее значение имеют Ленинское и Лоевское месторождения в Гомельской области. Формовочные пески добываются на месторождении Четверня Жлобинского района, которое обеспечивает сырьем Белорусский металлургический комбинат.

Преимущественно на юго-западе Беларуси найдены россыпи янтаря. Есть в пределах Жлобинской седловины проявления алмазов, но промышленного значения они не имеют.

Хорошо обеспечена Беларусь строительными материалами: мелом и мергелем, строительным камнем, глинами, строительными песками и песчано-гравийными смесями. Месторождения мела и мергеля наиболее распространены на востоке (Могилевская область) и западе (Гродненская область) Беларуси. На всей территории Беларуси встречаются глины. На юге Беларуси открыто около 20 месторождений тугоплавких глин. Но значительно больше в республике (более 200) месторождений легкоплавких глин. Почти половина из них сейчас разрабатывается. Они обеспечивают сырьем более 120 кирпичных заводов.

К антропогеновым отложениям приурочены строительные пески и песчано-гравийные смеси. Сегодня разведано около 100 месторождений песков и почти 150 – гравия. Примерно половина из них разрабатывается.

**Жидкие полезные ископаемые.** К этой группе относятся подземные пресные и минеральные воды. Пресные подземные воды используются человеком в производственных целях и в качестве питьевых вод. Для использования вод в питьевых целях последние должны соответствовать ряду условий по содержанию разных химических элементов, быть прозрачными, приятными на вкус и не иметь запаха. Пресные подземные воды,

соответствующие этим нормам, составляют прогнозные эксплуатационные запасы. Питьевые подземные воды Беларуси по своему качеству являются лучшими в Европе. Их эксплуатационные запасы – около 50 млн м<sup>3</sup>/сут. Добывается в настоящее время около 4 млн м<sup>3</sup>/сут. В отличие от других минеральных ресурсов подземные воды возобновляются. Беларусь относится к странам, хорошо обеспеченным подземными водами. Территория Беларуси богата и разнообразными минеральными водами. Разведанные запасы минеральных вод превышают 14 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Сейчас эксплуатируется около 60 месторождений разных по химическому составу минеральных вод. Среди них гидрокарбонатные, хлоридные, сульфатные, натриевые, радоновые и другие воды.

#### **4. Климат**

Климат любой территории формируется благодаря сложному взаимодействию разных атмосферных процессов, с одной стороны, и подстилающей поверхности – с другой. На территории Беларуси формируется умеренно-континентальный климат. Основными факторами, влияющими на формирование климата Беларуси, являются географическое положение и рельеф. Особенности климата Беларуси обусловлены: 1) размещением территории республики в умеренных широтах; 2) преобладанием равнинного рельефа; 3) близостью Атлантического океана; 4) отсутствием крупных горных преград на путях воздушных масс на соседних с республикой территориях.

На территории Беларуси климат определяется как переходный от морского к континентальному. Основные его черты – мягкость, относительно небольшие амплитуды температур, достаточное количество осадков, неустойчивый характер погоды. Климатические показатели в разных регионах республики довольно значительно различаются. Основными среди них являются: солнечная радиация, атмосферная циркуляция, температура воздуха, влажность воздуха и осадки.

**Солнечная радиация.** Количество поступающей солнечной радиации обусловлено углом падения солнечных лучей и продолжительностью дня. Она зависит от географической широты. Угол падения солнечных лучей на севере Беларуси более острый, чем на юге, на протяжении всего года. Продолжительность дня летом больше на севере республики, а зимой – на юге. Количество поступающей солнечной радиации летом почти одинаково на всей территории Беларуси. Зимой южные районы получают значительно больше солнечной радиации, чем северные. Это обстоятельство обусловило увеличение годовой солнечной радиации в направлении с севера на юг.

**Атмосферная циркуляция.** В умеренных широтах преобладает западный перенос воздушных масс, поэтому для республики наиболее характерны западные ветры. В связи с изменением атмосферного давления зимой и летом направление ветров немного изменяется. Зимой преобладают юго-западные

ветры, а летом – северо-западные. Такая атмосферная циркуляция обусловила преобладание на протяжении всего года атлантического воздуха умеренных широт. С ним связаны пасмурная погода и дожди летом, снег и оттепель – зимой. С востока на территорию республики проникают континентальные воздушные массы. Они обычно приносят сухую погоду зимой и летом. Периодически на территорию Беларуси поступают арктические воздушные массы. Северные ветры вызывают поздние весенние и ранние осенние заморозки, сильные морозы зимой. Характерной чертой атмосферной циркуляции на территории Беларуси является частая смена циклонов и антициклонов. Частое чередование разных типов воздушных масс приводит к неустойчивости погоды, особенно осенью и весной.

Тепловой режим. Климат Беларуси характеризуется положительными среднегодовыми температурами воздуха. Они постепенно повышаются с северо-востока на юго-запад от  $+4,4^{\circ}\text{C}$  до  $+7,4^{\circ}\text{C}$ . В январе средняя температура воздуха понижается с юго-запада на северо-восток от  $-4,2^{\circ}\text{C}$  до  $-8,4^{\circ}\text{C}$ . В северных районах температура воздуха летом составляет около  $+17^{\circ}\text{C}$ , в южных  $+19,0^{\circ}\text{C}$ . Абсолютные максимальные температуры воздуха составляют  $+35$  –  $+38^{\circ}\text{C}$ . Годовая амплитуда температур увеличивается с запада на восток от  $23^{\circ}\text{C}$  до  $26,5^{\circ}\text{C}$ . Это обстоятельство объясняется постепенным нарастанием континентальности климата Беларуси.

Влажность воздуха, облачность, осадки. Для Беларуси характерна повышенная влажность воздуха в течение года. Обусловлено это преобладанием влажного атлантического воздуха со сравнительно невысокими температурами. В осенне-зимний период на всей территории Беларуси относительная влажность воздуха превышает 80 %. Весной и летом она понижается до 50-60%, а в отдельные дни даже до 30 %. Понижение относительной влажности воздуха обусловлено более высокими температурами.

С высокой влажностью воздуха связана и значительная облачность над территорией Беларуси. В холодную половину года пасмурные дни составляют 85% времени, летом – 50 %. Повышенная влажность воздуха и высокая облачность приводят к выпадению большого количества осадков. Беларусь относится к зоне достаточного увлажнения.

Количество осадков постепенно уменьшается с северо-запада на юго-восток. На него значительное влияние оказывает рельеф. В связи с этим центральная часть Беларуси, где преобладают возвышенности, получает 650–700 мм осадков. Самым увлажненным местом республики является Новогрудская возвышенность, где выпадает более 750 мм. На равнинах и низменностях северных и южных районов республики количество осадков уменьшается до 600–650 мм. Наблюдаются значительные колебания осадков по годам. В засушливые годы может выпасть всего 400 мм, а в наиболее влажные – свыше 1000 мм.

Режим выпадения осадков почти одинаковый на всей территории Беларуси. На теплую половину года приходится 70 % годовой суммы осад-

ков. Более всего осадков выпадает в июле, меньше всего – в феврале, марте и январе. Зимой осадки выпадают в виде снега и образуют снежный покров. Максимальная высота его обычно наблюдается в конце зимы. Она увеличивается с юго-запада на северо-восток от 15 до 35 см. Продолжительность периода со снежным покровом изменяется в том же направлении от 70 до 130 суток. В отдельные годы на юго-западе Беларуси устойчивый снежный покров не образуется.

Хозяйственная деятельность человека оказывает все большее негативное влияние на климат Беларуси. Проявляется это в потеплении климата, выпадении кислотных дождей, загрязнении воздуха. Сейчас многие исследователи даже рассматривают хозяйственную деятельность в качестве фактора формирования климата.

Исследования изменений климата Беларуси за более чем столетний период показывают, что в последние 20–30 лет в результате антропогенной деятельности среднегодовые температуры возросли примерно на 1°C. В то же время наблюдаются сезонные изменения температур.

Осень стала даже немного холоднее, а вот зимние температуры увеличились более чем на 2°C. Количество осадков увеличилось в северных районах страны, а на юго-востоке, наоборот, уменьшилось. Особенно значительное уменьшение осадков наблюдается весной и осенью. Результатом общего потепления климата стала большая неустойчивость погоды и рост таких неблагоприятных климатических явлений, как заморозки, засухи, бесснежные зимы, наводнения.

## **5. Поверхностные воды**

Речная сеть Беларуси включает 20800 рек и ручьев общей длиной 90600 км. Как по протяженности, так и по количеству преобладают малые реки и ручьи. Только 3 реки в пределах страны имеют длину более 500 км: Днепр и его крупнейшие притоки Березина и Припять. Большое количество малых рек объясняется тем, что по территории Беларуси проходит Черноморско-Балтийский водораздел. Около 58% территории Беларуси относится к бассейну Черного моря, а 42 % – Балтийского. Главные речные системы Беларуси: Днепр с Березиной и Сожем, Припять, Западная Двина, Неман и Западный Буг.

Для рек характерен смешанный тип питания, включающий снеговое, дождевое и грунтовое. На большей части республики преобладает снеговое питание, а в западных районах (бассейны Западного Буга, Немана) – грунтовое.

На всех реках республики наблюдается весеннее половодье. На больших реках оно обычно продолжается 1,5–2,5 месяца. Во время половодья уровень воды на малых реках может подниматься на 2 – 3 м, крупных – на 5–6м. В многоводные годы на Западной Двине и на Днепре подь-

ем уровня воды достигает 8–9 м. На Полесье с плоским рельефом половодье обычно более растянуто по времени.

Летом и зимой на реках Беларуси отмечается самый низкий уровень воды – летняя и зимняя межень. Летом она обусловлена высокой испаряемостью, а зимой отсутствием поверхностного стока.

Летом и осенью межень может нарушаться кратковременными дождевыми паводками. С начала декабря реки замерзают. Обычная продолжительность ледостава 3–4 месяца, а максимальная толщина льда достигает 40–50 см. В отдельные мягкие зимы, преимущественно на западе страны, ледостав может не образовываться.

Все реки Беларуси относятся к равнинным и имеют небольшие уклоны. Наибольшая скорость течения характерна для рек системы Немана, Вили и Западной Двины. Полесские реки, наоборот, характеризуются медленным течением.

Принадлежность рек к разным бассейнам и равнинность водоразделов с давних времен способствовали строительству судоходных каналов. Крупнейшими среди них являются Днепровско-Бугский, Августовский, Огинский, Микашевичский каналы, Березинская и Вилейско-Минская водные системы.

Самым крупным и важным по хозяйственному значению является Днепровско-Бугский канал. Он соединяет реку Пина (приток Припяти) и реку Мухавец (приток Буга). Тянется канал на 196 км, включая канализованные участки рек Пина и Мухавец.

Речные системы Немана и Вислы соединяет Августовский канал, часть которого расположена в Польше, а часть – в Гродненской области. Его общая протяженность – 102 км, из них на территории современной Беларуси – 22 км. Канал представляет собой систему озер, прудов, канализованных рек и притоков. После строительства железных и автомобильных дорог потерял свое транспортное значение. Польская часть канала восстановлена и используется в туристических целях. Сейчас восстановлен канал и на территории нашей страны.

Сравнительно недавно, во второй половине XX в., была построена Вилейско-Минская водная система. Она соединяет реки Вилия и Свислочь и включает Вилейское и Заславское водохранилища, систему каналов длиной более 60 км. Основное назначение водной системы – обеспечение Минска.

Кроме перечисленных, на территории Беларуси построено большое количество мелиоративных каналов. Самый крупный из них Славковичско-Яминский. Общая длина мелиоративных каналов достигает почти 2 тыс. км.

Отличительной чертой природы Беларуси является большое количество озер. Недаром Беларусь называют «синеокой», или краем озер. На территории Беларуси насчитывается более 10 тыс. озер, суммарная площадь водного зеркала которых составляет 1,6 тыс. км<sup>2</sup>. Все озера отлича-

ются по площади, глубине, происхождению котловин. Среди озер по площади преобладают малые, площадь которых не превышает 0,25 км<sup>2</sup>. На их долю приходится более 90% от общего количества озер. 470 озер имеют площадь более 0,5 км<sup>2</sup>, и только 10 из них – более 20 км<sup>2</sup>. Среди них и самое крупное озеро республики – Нарочь, площадь которого составляет 79,6 км<sup>2</sup>, озера Освейское, Червонное, Лукомльское, Дривяты.

В пределах Беларуси преобладают мелкие озера, максимальная глубина которых не превышает 10 м. Только около 200 озер имеют глубину более 10 м. Самое глубокое озеро на территории республики – Долгое. Оно расположено в Глубокском районе и достигает в глубину 53,7 м. Еще 3 озера – Ричи, Гиньково и Волосо Южный – имеют глубину более 40 м.

Многие озера расположены близко друг к другу, связаны протоками и образуют озерные группы. Наиболее известными среди них являются: Браславская группа, включающая более 30 озер общей площадью 113 км<sup>2</sup>; Нарочанская группа из 4 озер площадью около 100 км<sup>2</sup>; Ушачская группа из 60 озер площадью около 75 км<sup>2</sup>.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Дайте оценку географическому положению Республики Беларусь.
2. Какие факторы оказали влияние на формирование рельефа?
3. Дайте оценку обеспеченности Беларуси различными группами полезных ископаемых.
4. Охарактеризуйте климатические условия Республики Беларусь.
5. Почему Беларусь называют «синеекой»?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бавтуго, Г.А. Ботаника: Морфология и анатомия растений: Учеб.пособие. – Мн.: Вышш. шк., 1997. - 269 с.
2. Билич, Г.Л. Биология. Полный курс. В 3-х т. Том 3. Зоология / Г.Л. Билич, В.А. Крыжановский. – 4-е изд., испр. – М.: Издательство Оникс, 2007. - 544 с.
3. Блинников, В.И. Зоология с основами экологии. – М.: Просвещение, 1990. - 223 с.
4. Боков, В. А. Общее землеведение: учебник / В. А. Боков, Ю. П. Селиверстов, И. Г. Черванев– СПб., 1998. – 268 с.
5. Брилевский, М.Н. География Беларуси / М.Н. Брилевский, С.Г. Смоляков. – Минск: Нар. асвета, 2012. - 303 с.
6. Гледко, Ю. А.Общее землеведение : учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по спец. «География (по направлениям)», «Гидрометеорология», «Космоаэрокартография», «Геоэкология». – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 320 с.
7. Гуленкова, М.А. и Красникова А.А. Летняя полевая практика по ботанике. Учеб. пособие для студентов пед. фак. пед. ин-тов. М., «Просвещение», 1976. - 244 с.
8. Догановский, А.М. Гидросфера Земли / А.М. Догановский, В.Н. Малинин. – СПб., 2004. – 629 с.
9. Дорофеев, А.М., Иванов, Г.А. Биологический словарь школьника. – Мн.: Нар. асвета, 1992. - 320 с.
10. Закон Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях» от 23.05.2000г//сб. нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. Мн., 2001. Вып.32.
11. Иваницкий, В.В. Я познаю мир: Детская энциклопедия: Птицы. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2000. - 400 с.
12. Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация: учеб-метод. комплекс / М.Ю. Бобрик [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2015. – 424 с.
13. Кириенко, Е.Г. Социально-экономическая география Республики Беларусь: Учебное пособие / Е.Г. Кириенко. – Мн., 2003. - 400 с.
14. Конюшко, В.С., Лешко, А.А., Чубаро, С.В. Страницы экологического краеведения: Учеб.-метод. материалы для факультативных занятий, кружковой работы и курсов по выбору. – Мн.: НИО, 2000. - 348 с.
15. Любушкина, С.Г. Естествознание, землеведение и краеведение / С.Г. Любушкина, К.В. Пашканг. – М.: Владос, 2002. - 455 с.
16. Маврищев, В.В. Основы экологии: учебник / В.В. Маврищев. – 2-е изд. – Мн.: Вышш. шк., 2005. - 416 с.
17. Мержвинский, Л.М. Современный растительный покров Белорусского Поозерья. – Витебск, 2001.- 56 с.

18. Михайлов, В.Н. Общая гидрология / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский – М., 1991. – 368 с.
19. Никонова, М.А. Землеведение и краеведение / М.А. Никонова, П.А. Данилов. - 3-е изд., испр. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 220 с.
20. Никонова, М. А. Землеведение и краеведение / М.А. Никонова, П.А. Данилов – М., 2002. – 240 с.
21. Обух, Г.Г. Методика обучения географии / Г.Г. Обух – Мн.: Университетское, 2001. - 184 с.
22. Основы биологии: методические указания к практическим занятиям / авт.-сост.: В.М. Минаева, И.А. Шарапова. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. - 50 с.
23. Петров, В.В. Растительный мир нашей Родины: Кн. для учителя. – 2-е изд., доп. – М.: Просвещение, 1991. - 207 с.
24. Пилецкий, И.В. Основы экологии: учебно-методический комплекс / И.В. Пилецкий. – Витебск: Издательство УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2007. - 203 с.
25. Пиловец, Г. И. Метеорология и климатология : учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по геогр. спец. / Г.И. Пиловец. – Москва: ИНФРА-М, 2013. – 399 с.
26. Савцова, Т.М. Общее землеведение / Т.М. Савцова – М., 2003. – 416 с.
27. Семенченко, Б.А. Физическая метеорология / Б.А. Семенченко. – М., 2002. – 415 с.
28. Соломко, А.В. Картография с основами топографии : учеб. пособие для студ. геогр. спец. Вузов / А.В. Соломко. – Минск: Университетское, 2000. - 358 с.
29. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывёл і раслін / Беларус. Энцыкл.; Гал. рэдкал.: А.М. Дарафееў (страш.) і інш. – Мн., БелЭН, 1993. - 560 с.
30. Шахнович, В.Н. Зоология. Блок-схемы, таблицы, рисунки: Учеб. пособие / В.Н. Шахнович. – Мн.: Книжный Дом, 2004. - 96 с.
31. Я познаю мир: Дет. энцикл.: Растения / Сост. Л.А. Багрова; Под общ. ред. О.Г. Хинн; Худож. А.В. Кардашук, О.М. Войтенко. – М.: ООО «Издательство АСТ-ЛТД», 1997. - 512 с.
32. Я познаю мир: Естествознание: Дет. энцикл. / Д.С. Щигель; Худож. А.А. Румянцев. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. - 398 с.
33. Я познаю мир: Дет. энцикл.: Экология / Авт. – сост. А.Е. Чижевский. Худож. В.В. Николаев, А.В. Кардашук, Е.В. Гальдяева. Под. общ. ред. О.Г. Хинн. – М.: ООО «Издательство АСТ», 1997. - 432 с.
34. Я познаю мир: Дет. энцикл.: Животные / Сост. П.Р. Ляхов; Под общ. ред. О.Г. Хинн; Худож. А.В. Кардашук, Е.В. Дедова. – М.: ООО «Издательство АСТ-ЛТД», 1997. - 544 с.

Учебное издание

**ШАРАПОВА** Инна Анатольевна

**ГЛАДКАЯ** Ирина Николаевна

**ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ**

Курс лекций

Технический редактор

*Г.В. Разбоева*

Компьютерный дизайн

*Е.А. Барышева*

Подписано в печать . . . 2017. Формат 60х84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 12,90. Уч.-изд. л. 13,12. Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014 г.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.