

Физика природы

Гасников Александр

Университет Иннополис

gasnikov@yandex.ru

18 марта 2026

Дмитрий Ливанов. Знакомьтесь наш мир



Вращение Земли вокруг своей оси



Рис. 1.25. Вращение звёзд вокруг Северного полюса мира. Фотография с выдержкой 6 ч, сделанная в Гималаях

Вращение Земли вокруг своей оси можно проиллюстрировать при помощи наблюдаемого суточного движения звёзд вокруг Полюса мира — определённой точки на небесной сфере. Северный полюс мира находится в созвездии Малой Медведицы, Южный полюс мира — в созвездии Октант. На фотографии (рис. 1.25), снятой в Гималаях с суточной выдержкой, зафиксировано видимое вращение звёзд вокруг Северного полюса мира.

Смена времен года

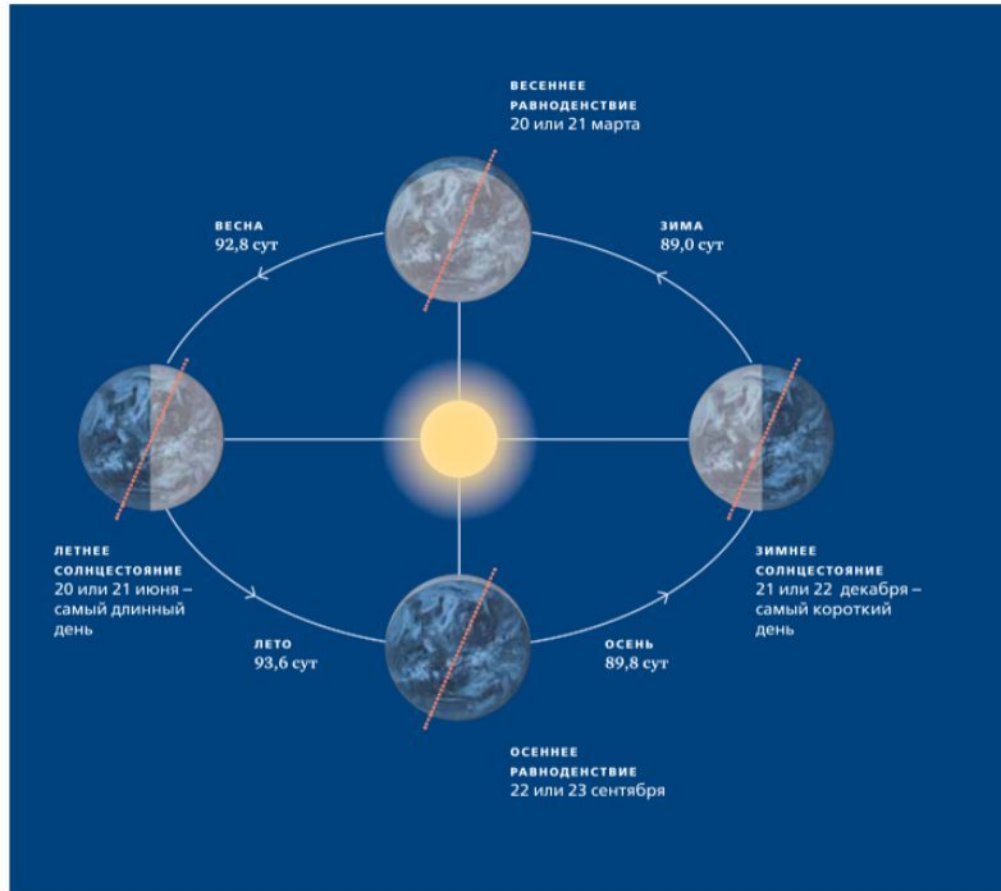
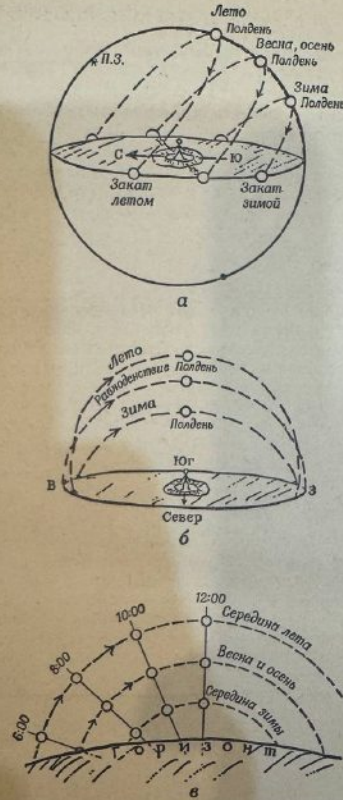


Рис. 1.26. Смена времён года

Положение Солнца на горизонте



Фиг. 2. Путь Солнца по небосводу изменяется в зависимости от времени года.

Сила Кориолиса

Сила Кориолиса

Теперь перейдём к рассмотрению силы Кориолиса. Представим себе человека, катающегося на карусели и перемещающегося из кресла в кресло (рис. 1.28).

Пусть угловая скорость вращения карусели ω , её радиус r , а скорость человека в системе отсчёта, связанной с каруселью, равна v_0 и направлена в сторону вращения.

В неподвижной системе отсчёта полная скорость движения человека равна $v = \omega r + v_0$. Сила инерции, действующая на человека, равна произведению его массы m на центростремительное

ускорение $\frac{(\omega r + v_0)^2}{r}$. Эта сила уравнивается силой

реакции R , действующей на человека со стороны кресла.

Во вращающейся системе координат, связанной с каруселью, сила, действующая на человека, равна $\frac{mv_0^2}{r}$. Тогда второй закон Ньютона выглядит так:

$$\frac{mv_0^2}{r} = R + F_{\text{ин}}, \text{ где } F_{\text{ин}} = -m\omega^2 r - 2m\omega v_0.$$

Мы видим, что сила инерции имеет две составляющие.

Первая — уже нам знакомая центробежная сила. Эта сила тем больше, чем выше скорость вращения карусели и чем

больше расстояние до центра вращения. Второе слагаемое описывает силу Кориолиса, она не зависит от положения человека, но пропорциональна его скорости. Направление силы Кориолиса перпендикулярно оси вращения и скорости тела.

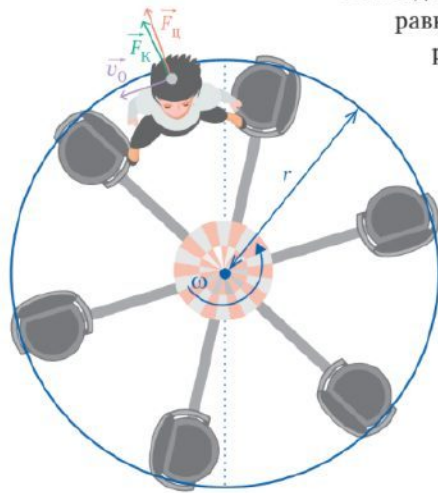
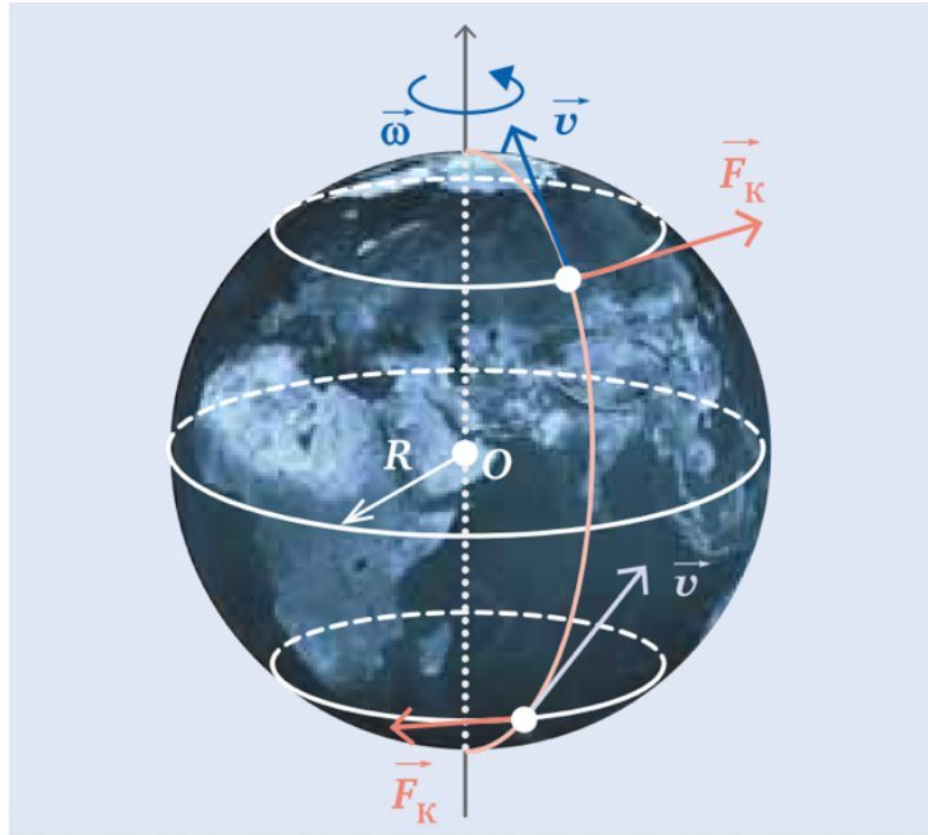


Рис. 1.28. Силы, действующие на человека, перемещающегося из кресла в кресло на карусели

Сила Кориолиса



« На правом берегу на крутом»

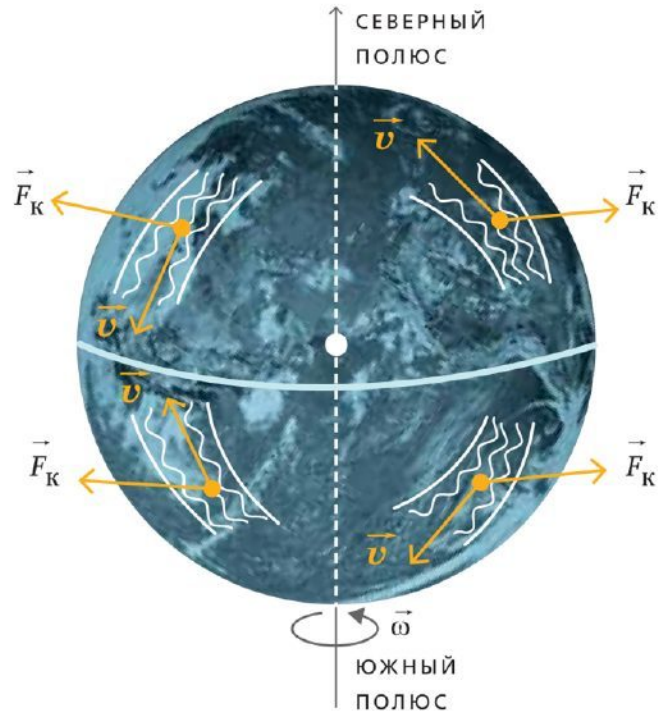


Рис. 6.11. Направление силы Кориолиса, действующей на воду в реке

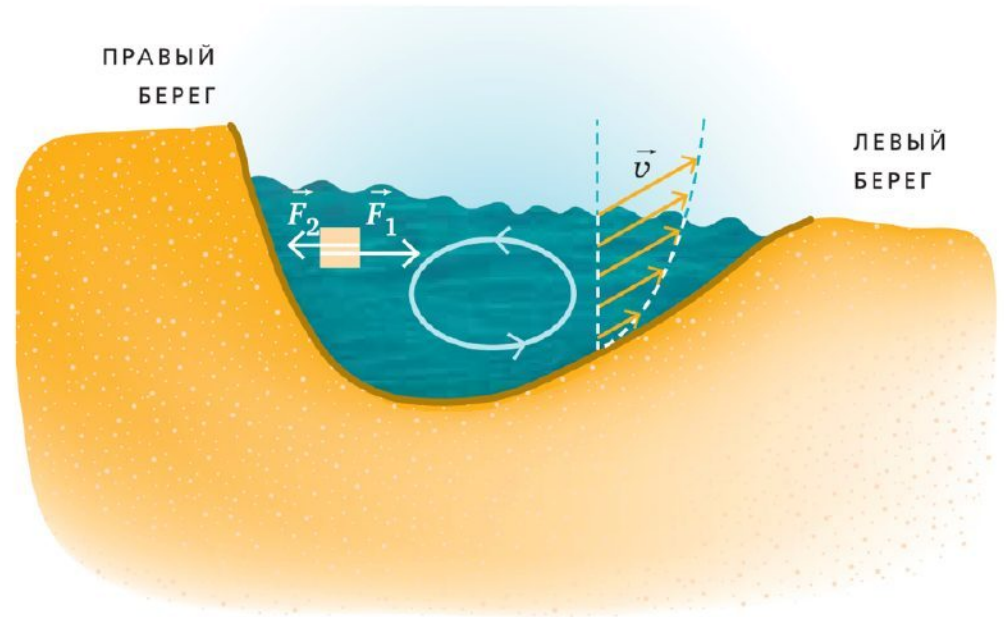


Рис. 6.12. Направление циркуляции воды, силы, действующие на элемент объёма жидкости и распределение скорости воды по глубине русла в реке (Северное полушарие)

Как климат зависит от широты

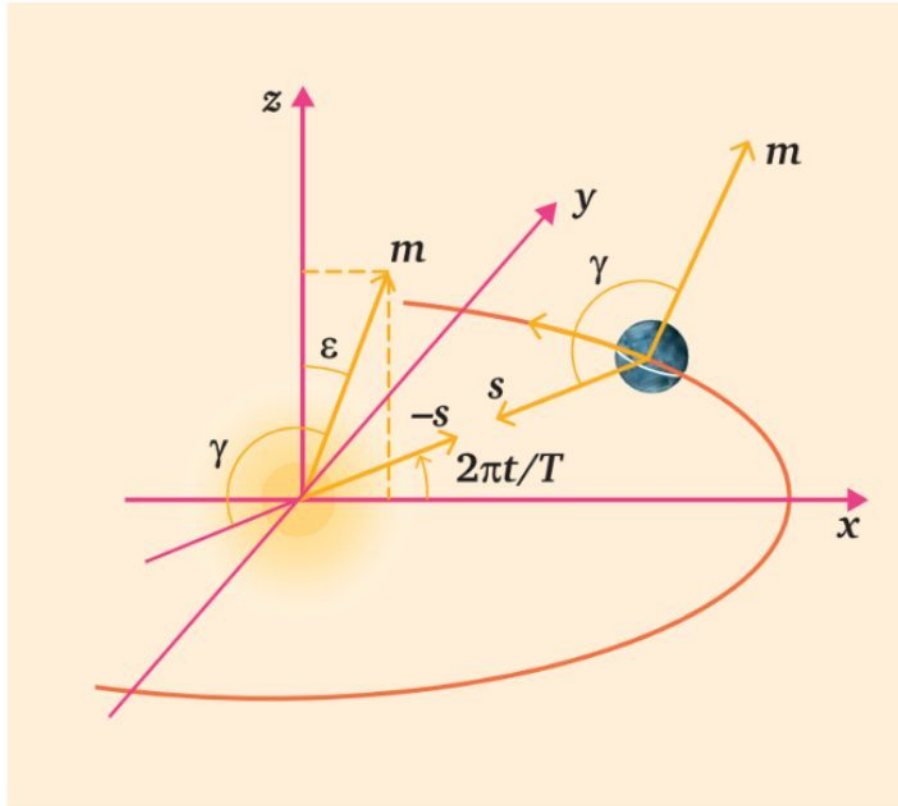


Рис. 7.2

В этих координатах вектор $\vec{s}$ имеет компоненты:

$$\vec{s}_x = -\cos \frac{2\pi t}{T}; \vec{s}_y = -\sin \frac{2\pi t}{T}; \vec{s}_z = 0.$$

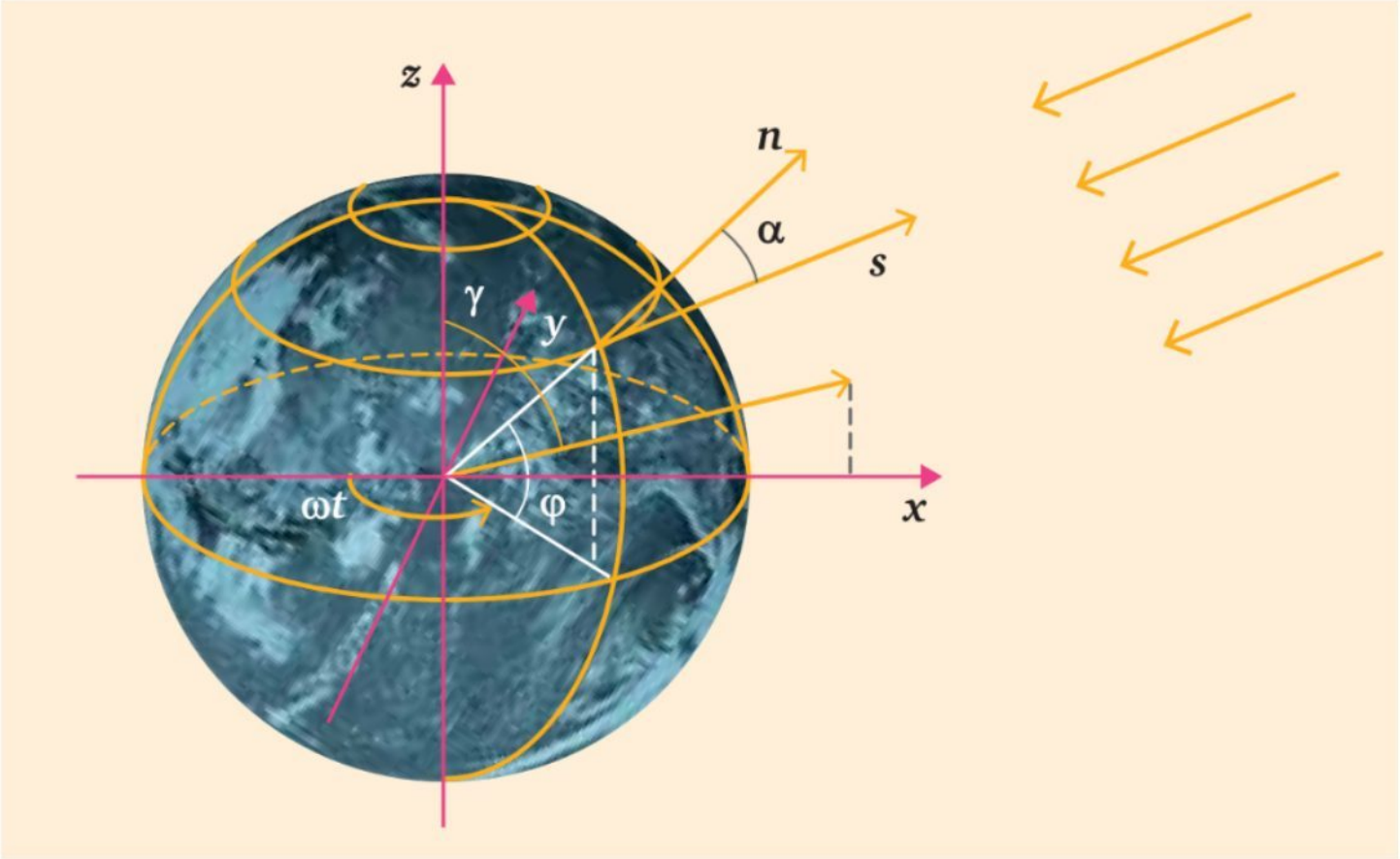
Компоненты вектора $\vec{m}$:

$$\vec{m}_x = \sin \varepsilon; \vec{m}_y = 0; \vec{m}_z = \cos \varepsilon.$$

Искомый угол γ можно найти, исходя из того, что косинус угла между единичными векторами есть сумма произведений их проекций:

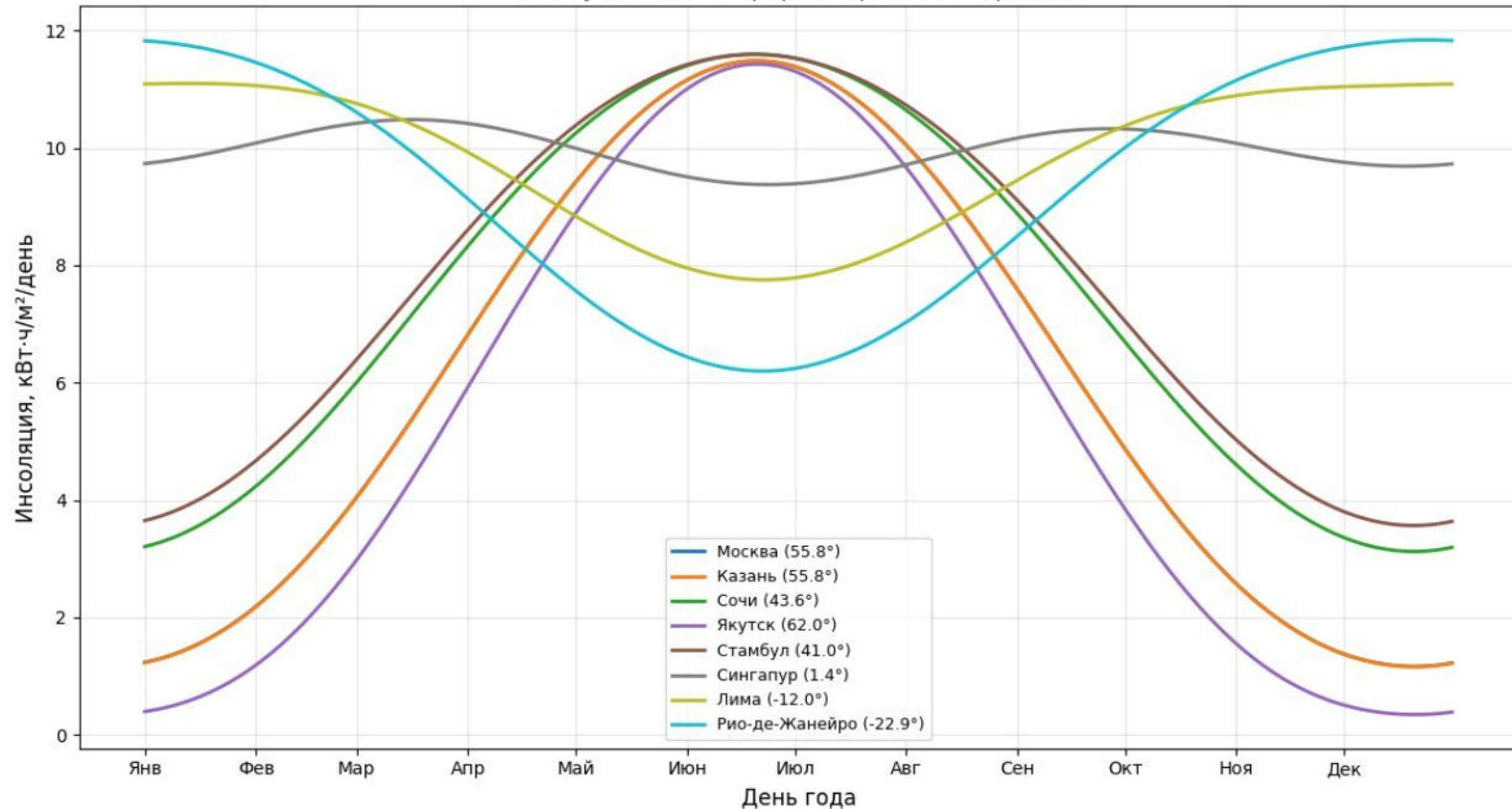
$$\cos \gamma = (\vec{s} \cdot \vec{m}) = -\sin \varepsilon \cdot \cos \frac{2\pi t}{T}.$$

Эта формула определяет угол между осью вращения Земли и направлением на Солнце в зависимости от времени года.



Как климат зависит от широты

Суточная солнечная радиация в течение года
(Без учета атмосферы, Top-of-Atmosphere)



Конвекция и образование ветровых ячеек

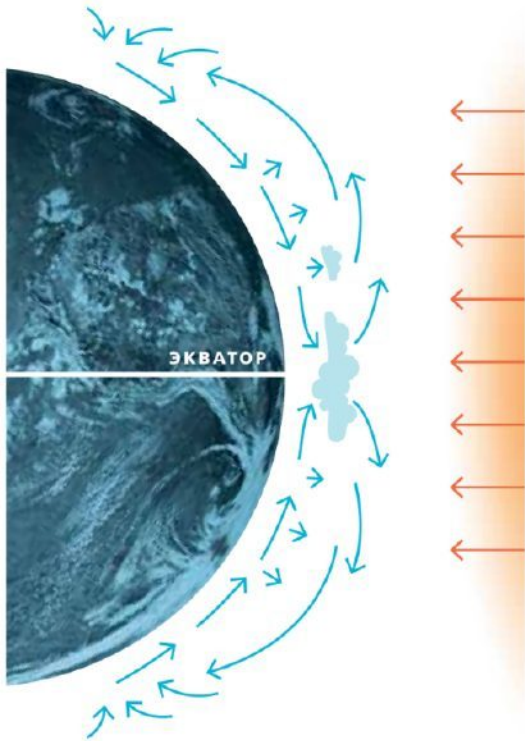


Рис. 4.21. Схема циркуляции воздуха в атмосфере Земли

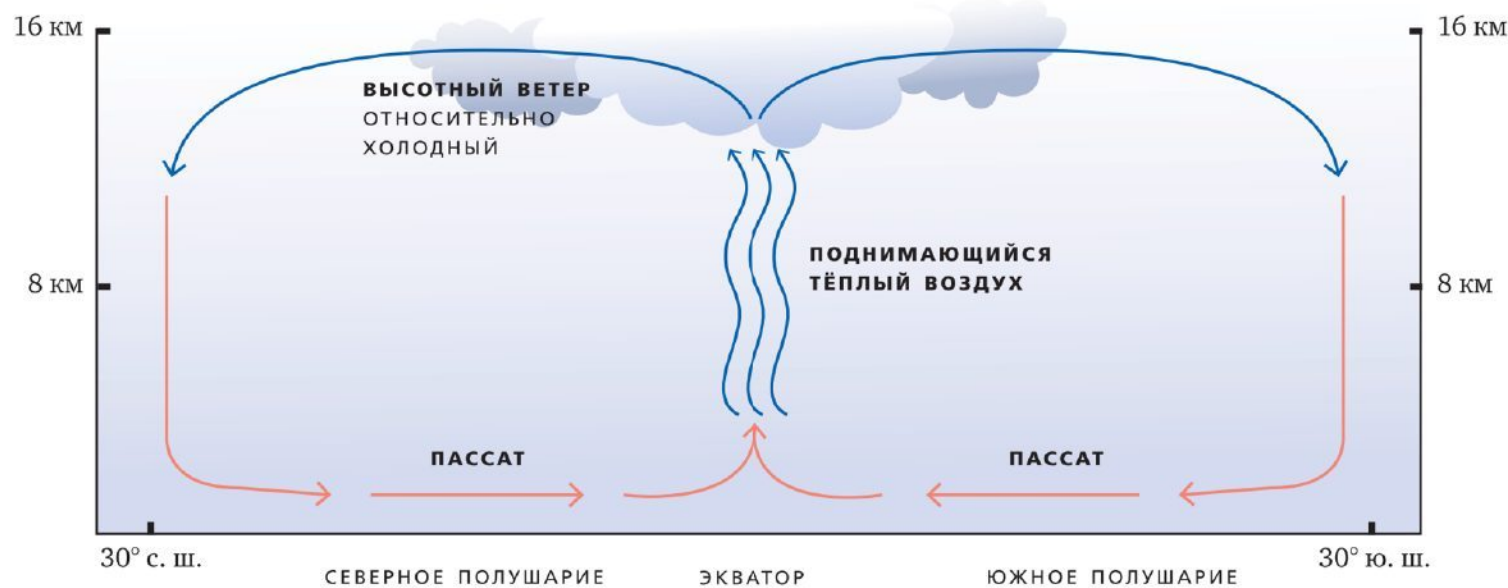


Рис. 1.34. Образование ветровых ячеек

Пустыни в «конских широтах»

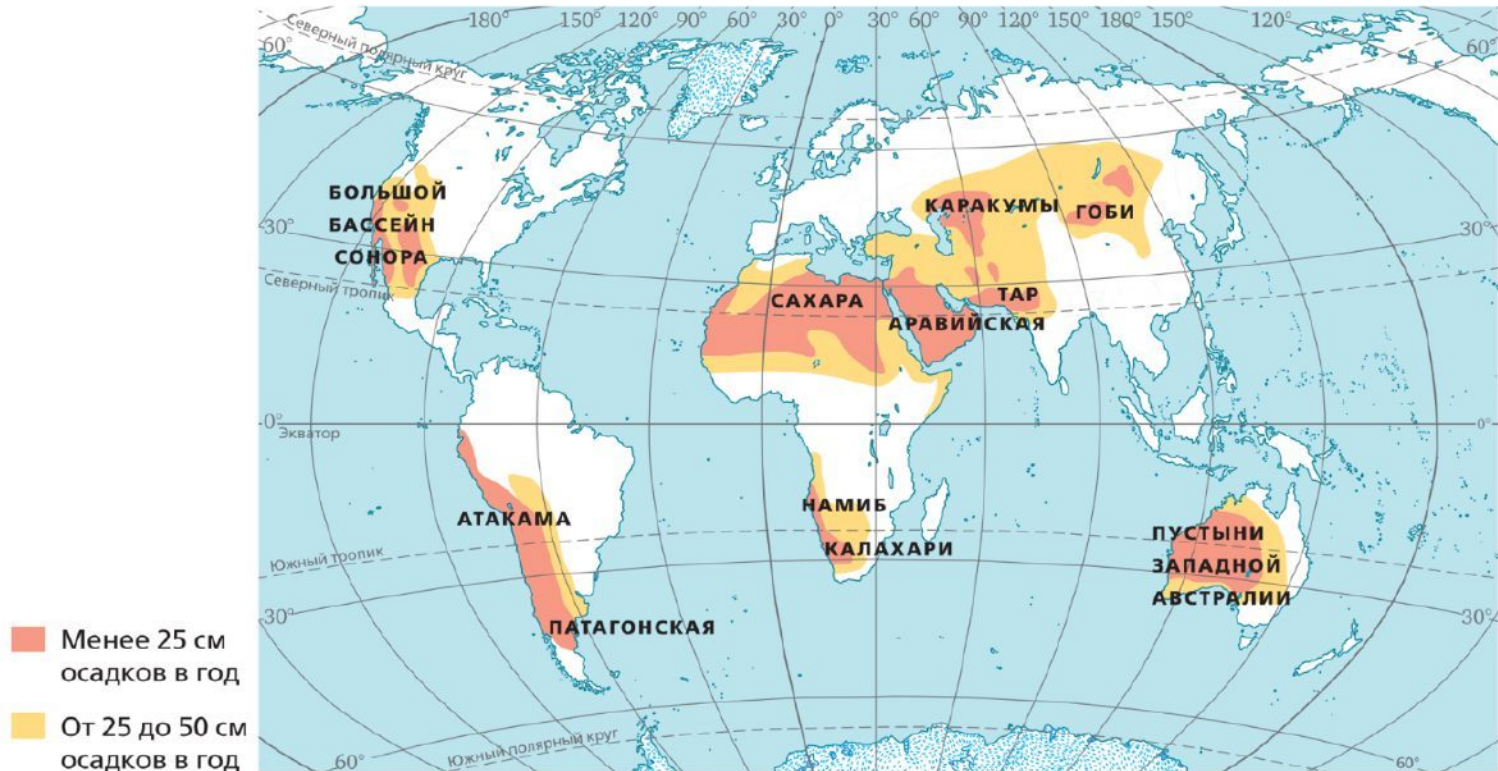


Рис. 4.23. Расположение крупнейших пустынь на карте Земли

Циркуляция ветров в атмосфере Земли

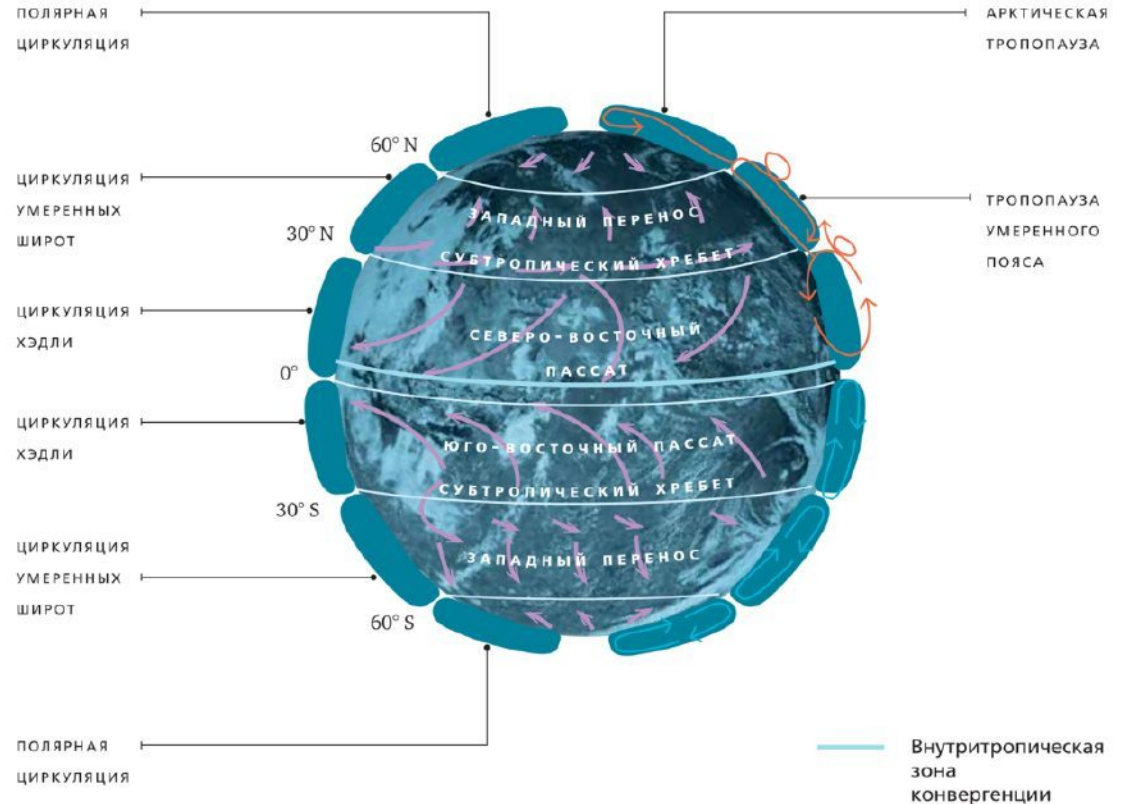
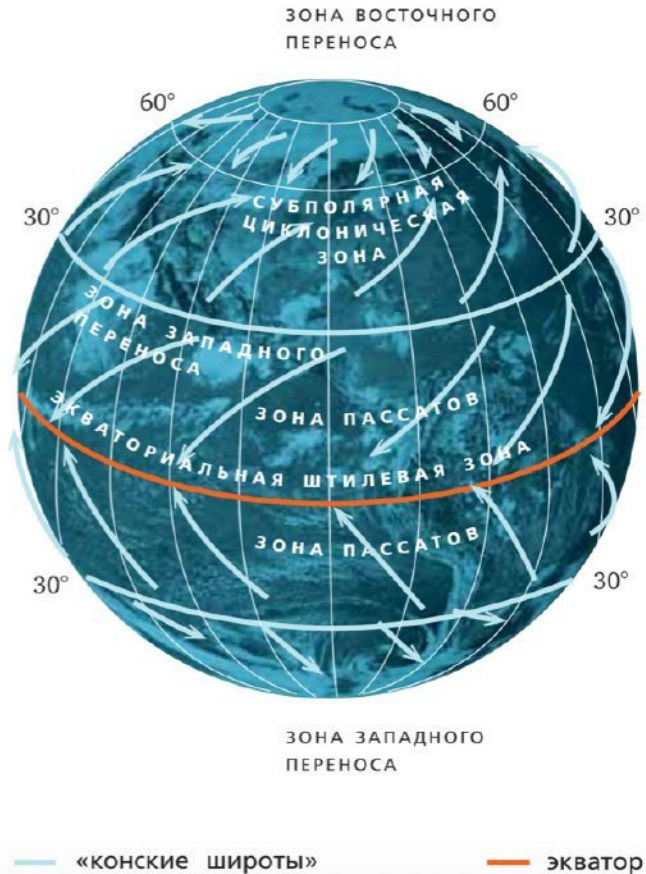


Рис. 4.28. Общая картина циркуляции в атмосфере Земли

Циркуляция ветров в атмосфере Земли

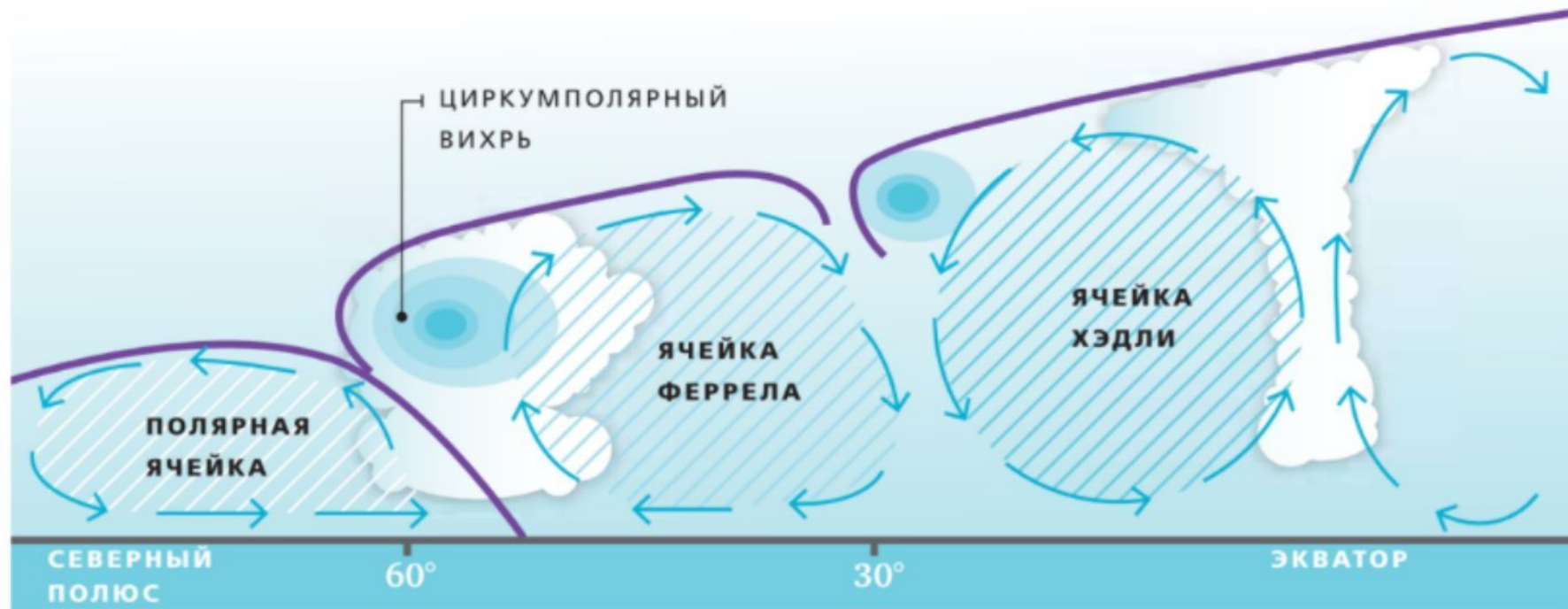


Рис. 4.27. Элементы атмосферной циркуляции в Северном полушарии

Земля и Луна

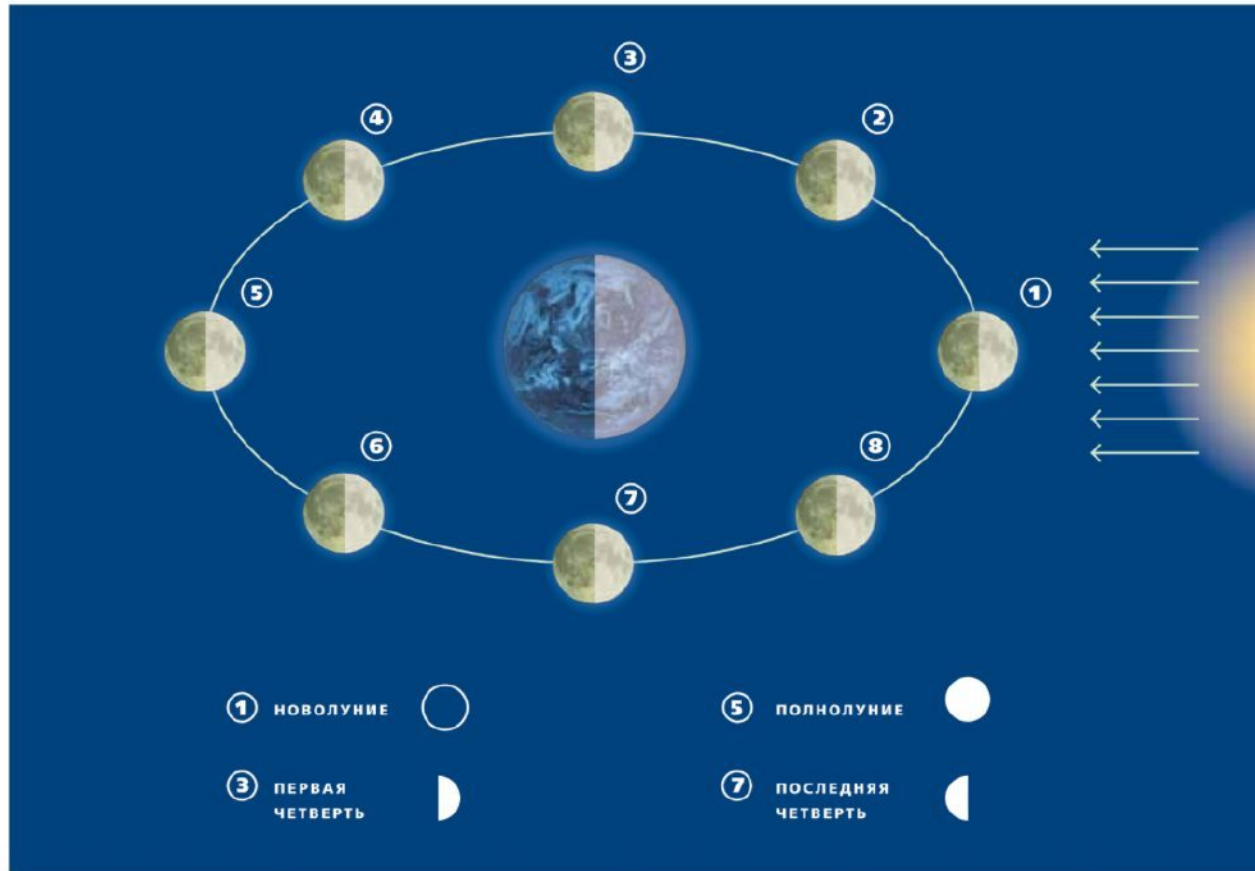


Рис. 2.3. Фазы Луны

Приливы и отливы

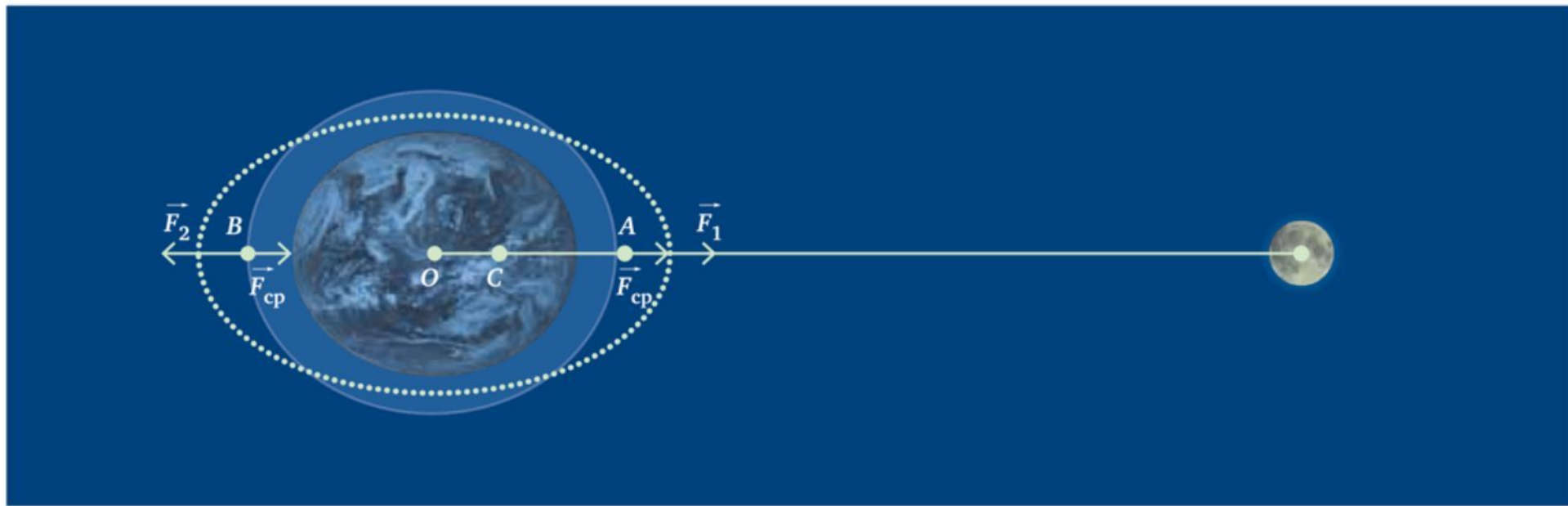
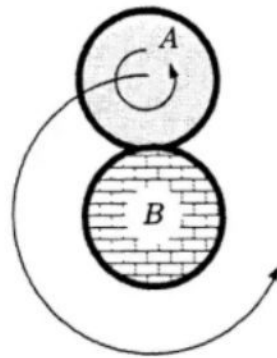


Рис. 2.16. Приливы в системе «Земля — Луна»

Приливы и отливы



1.1.1. Пример. Мало кто готов согласиться, что круг A , катящийся без проскальзывания по неподвижному кругу B , за один оборот вокруг B — сам по себе делает два оборота. (!) Другими словами, любая фиксированная точка на ободе A к моменту первого возвращения круга в исходное положение — совершает два оборота вокруг центра A .



Причина заблуждения, пожалуй, в поспешности заключения. Колесо, катящееся без проскальзывания по ровной дороге, совершает один оборот, когда проходит расстояние L , равное длине

Геодезическая линия



Рис. 3.16. Траектория трансконтинентального перелёта (сплошная линия)

Геодезическая линия



Рис. 3.17. Геодезическая линия

Движение земной коры

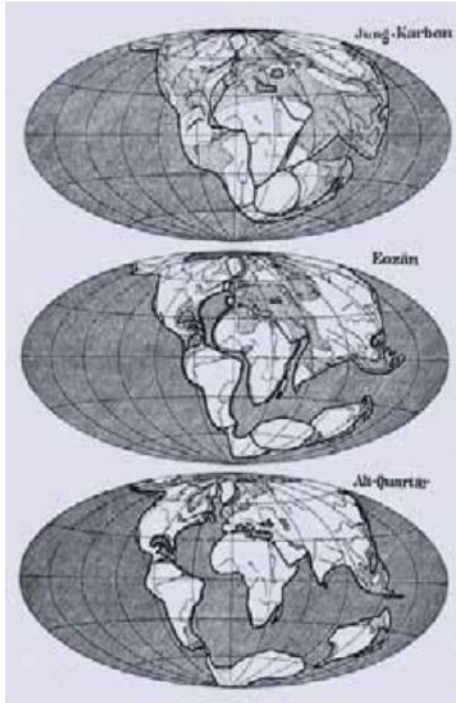


Рис. 3.19. Движение континентов по представлениям А. Вегенера. Иллюстрация из книги «Происхождение континентов и океанов», 1929 г.



Рис. 3.20. Реконструкция возможной формы древнего суперконтинента

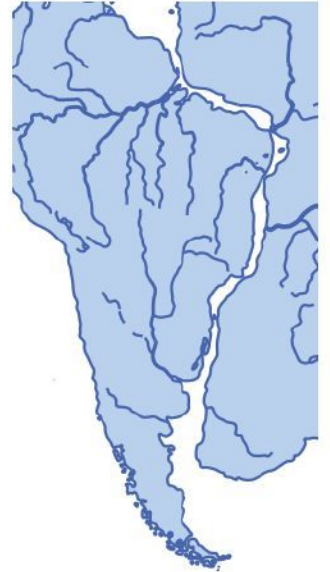
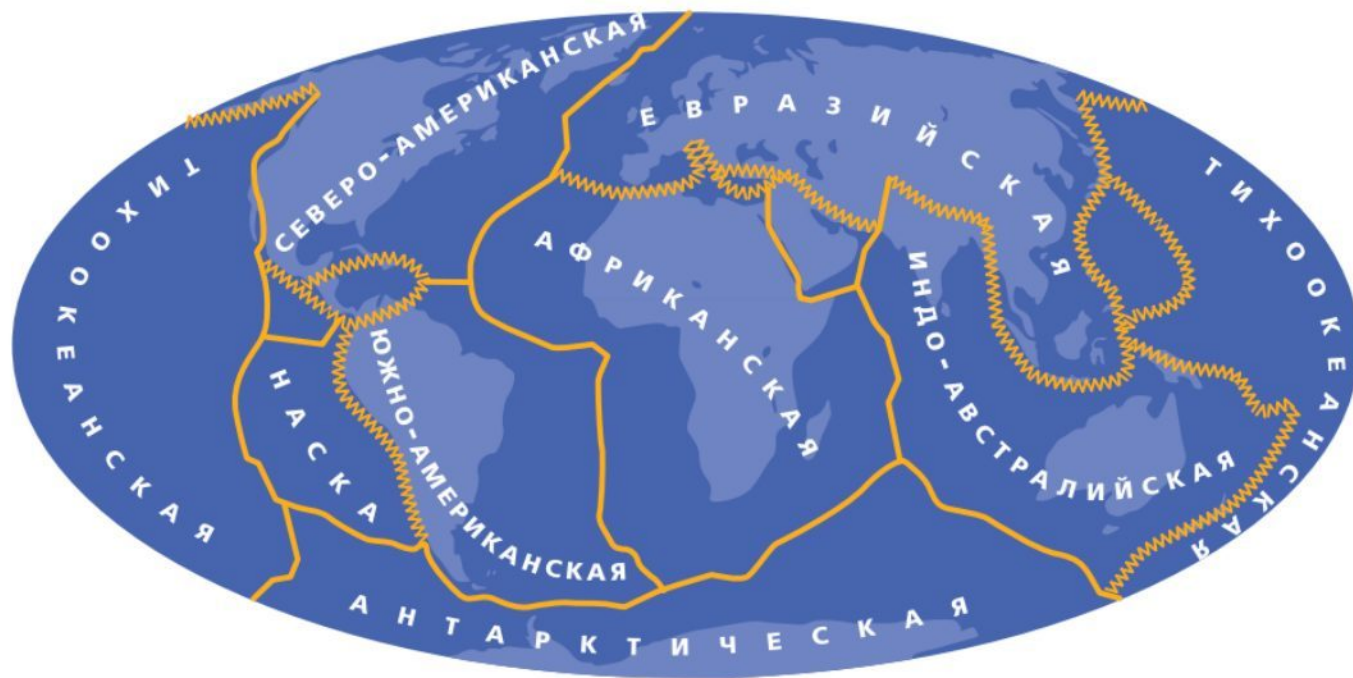


Рис. 3.21. Совместимость формы береговых линий Южной Америки и Африки

Движение земной коры



~~~~~ Границы столкновения плит

— Границы раздвижения плит

**Рис. 3.22.** Границы тектонических плит

# Движение земной коры

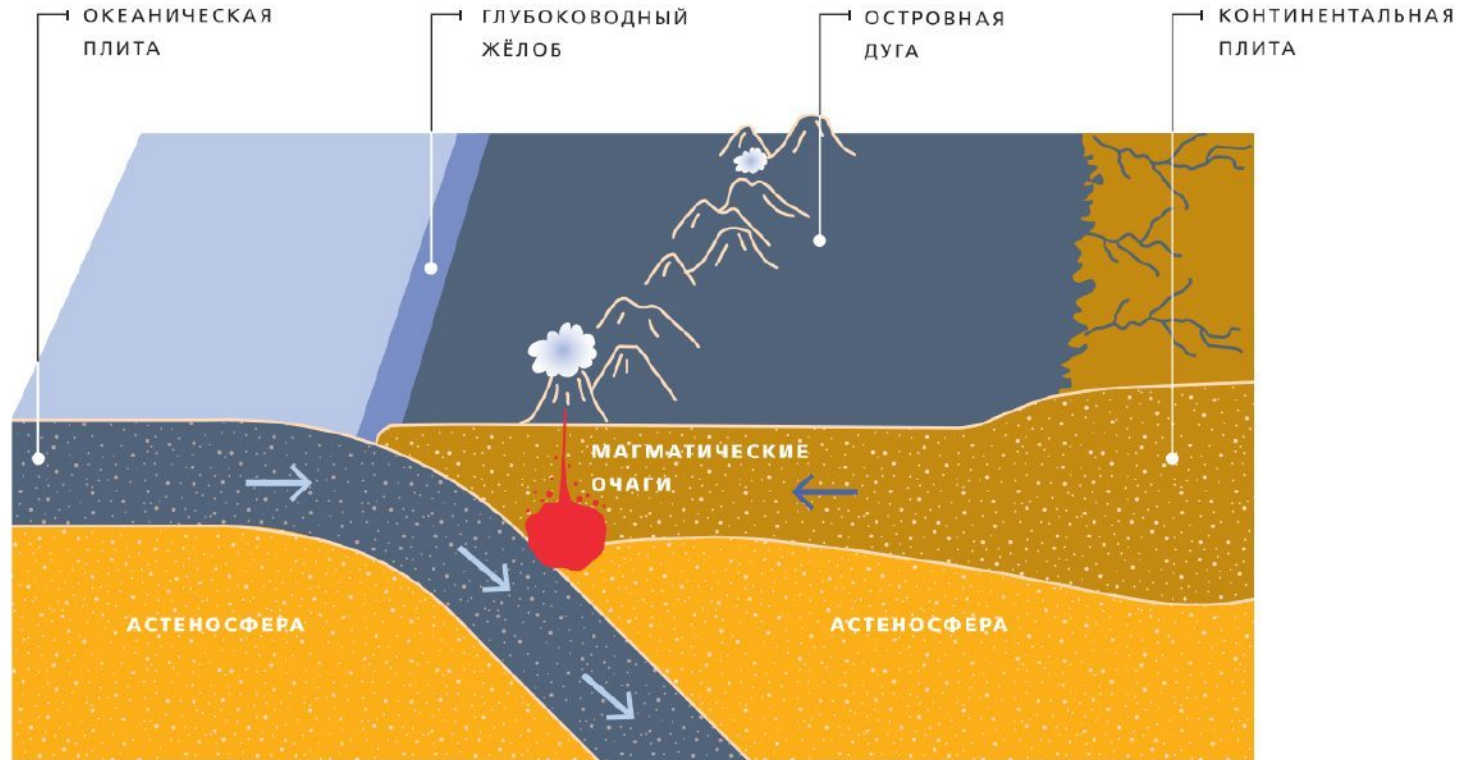


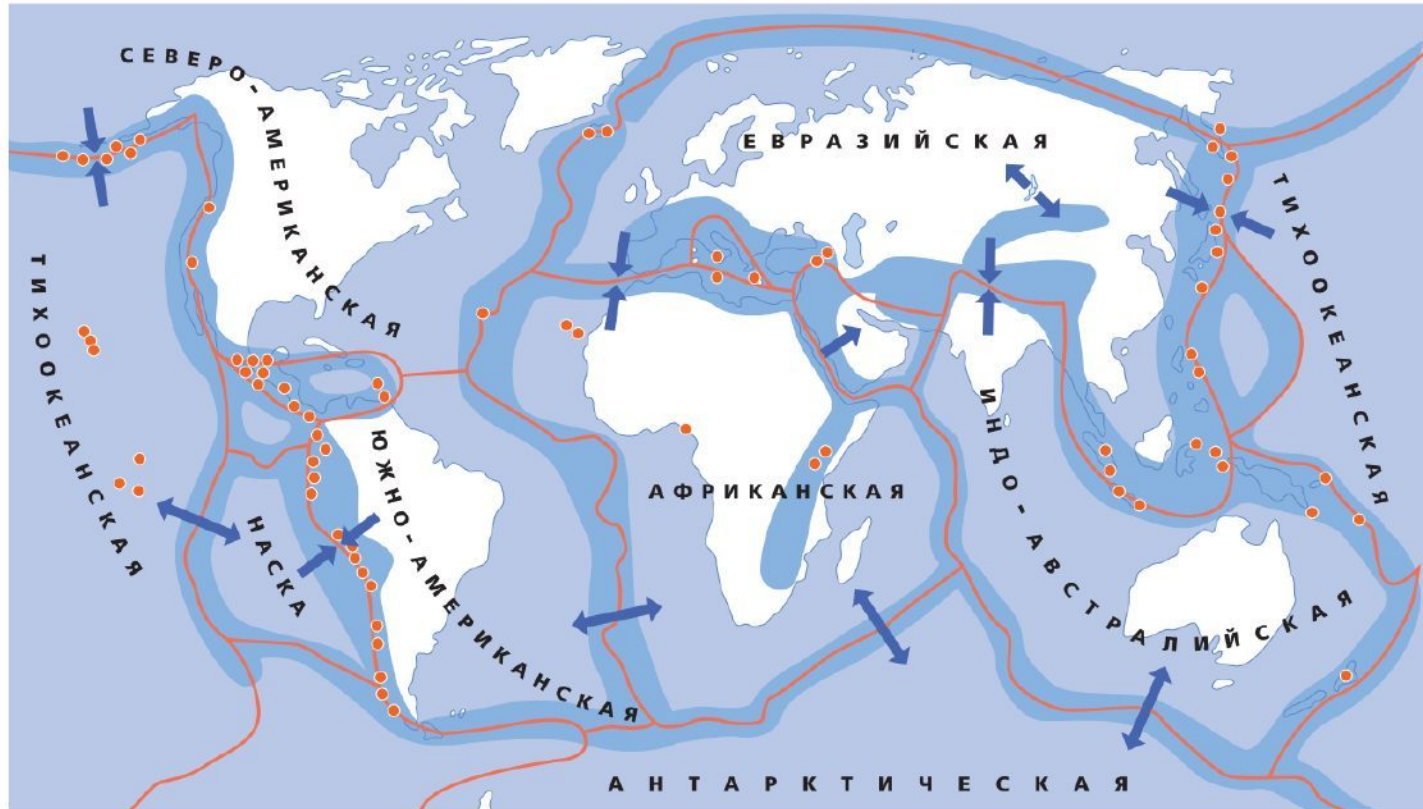
**Рис. 3.24.** Возникновение магматической камеры в зоне погружения одного блока земной коры (океаническая плита) под другой (континентальная плита)

# Вулканы (кратер Авачинского вулкана, Камчатка сентябрь 2025)

---



# Движение земной коры



— Границы литосферных плит

➡ Направления движения литосферных плит

Сейсмические пояса

• Вулканы

# Атмосфера Земли

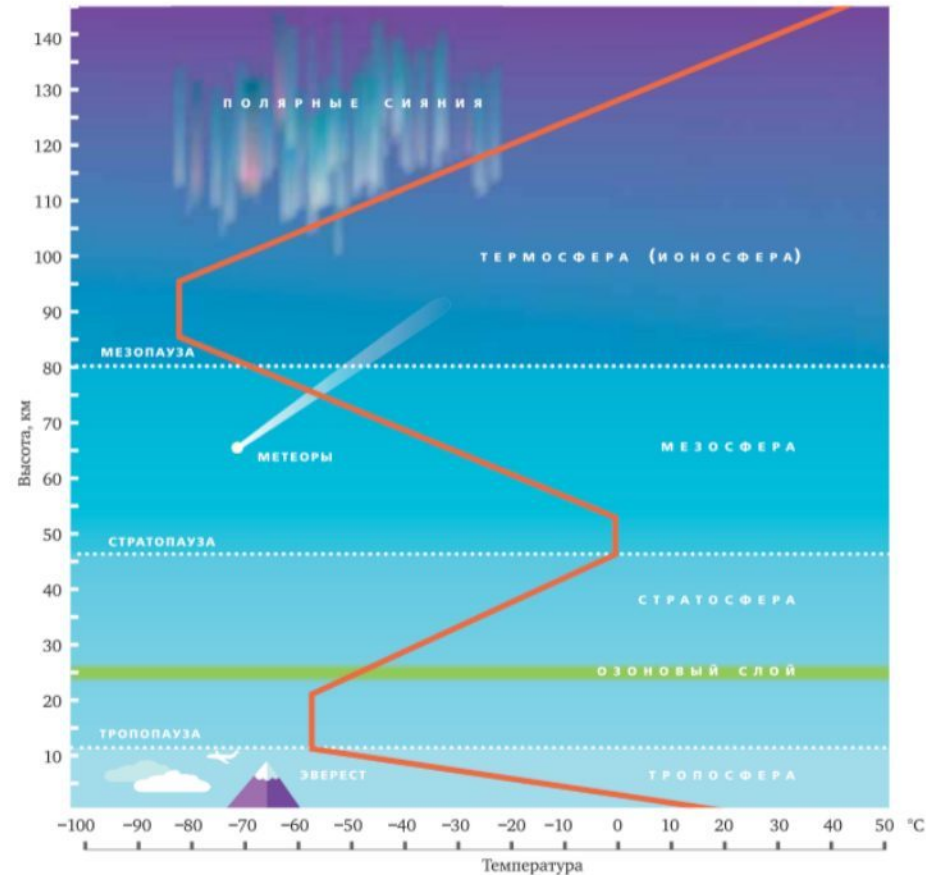


Рис. 4.1. Строение атмосферы Земли и температура атмосферы в зависимости от высоты (красная линия)

# Цвет неба

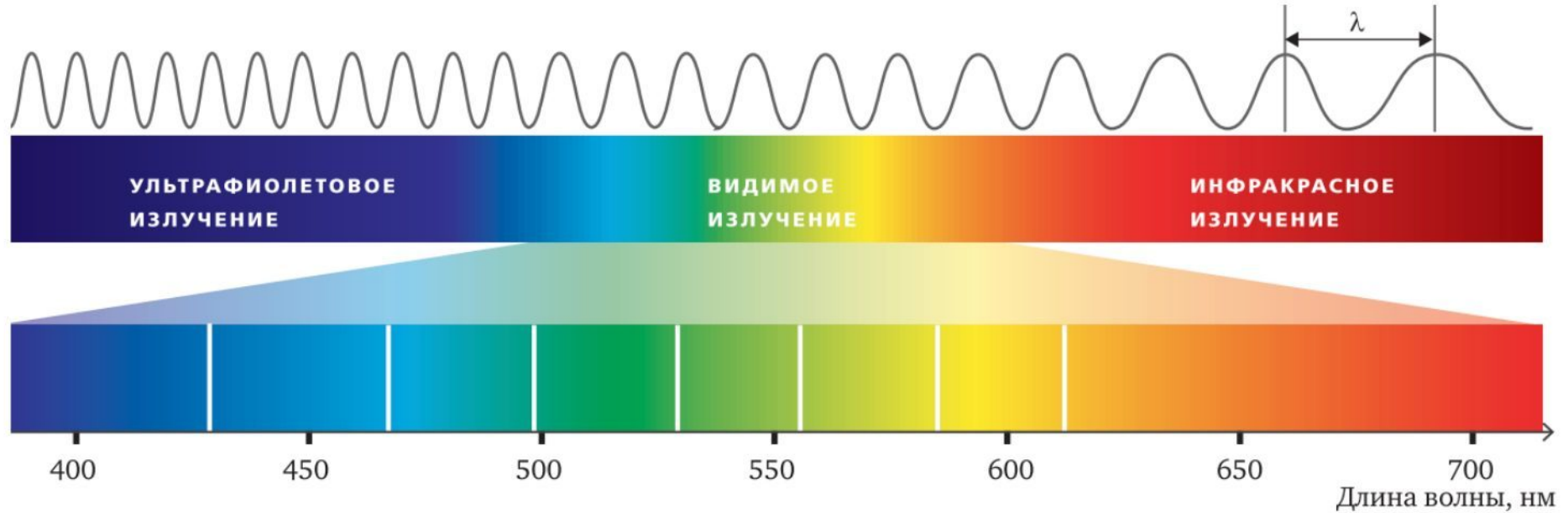


**Рис. 4.2.** Длины волн электромагнитного излучения в ультрафиолетовом, видимом, и инфракрасном диапазонах

$$I \sim \frac{1}{\lambda^4}$$

# Спектр излучения Солнца

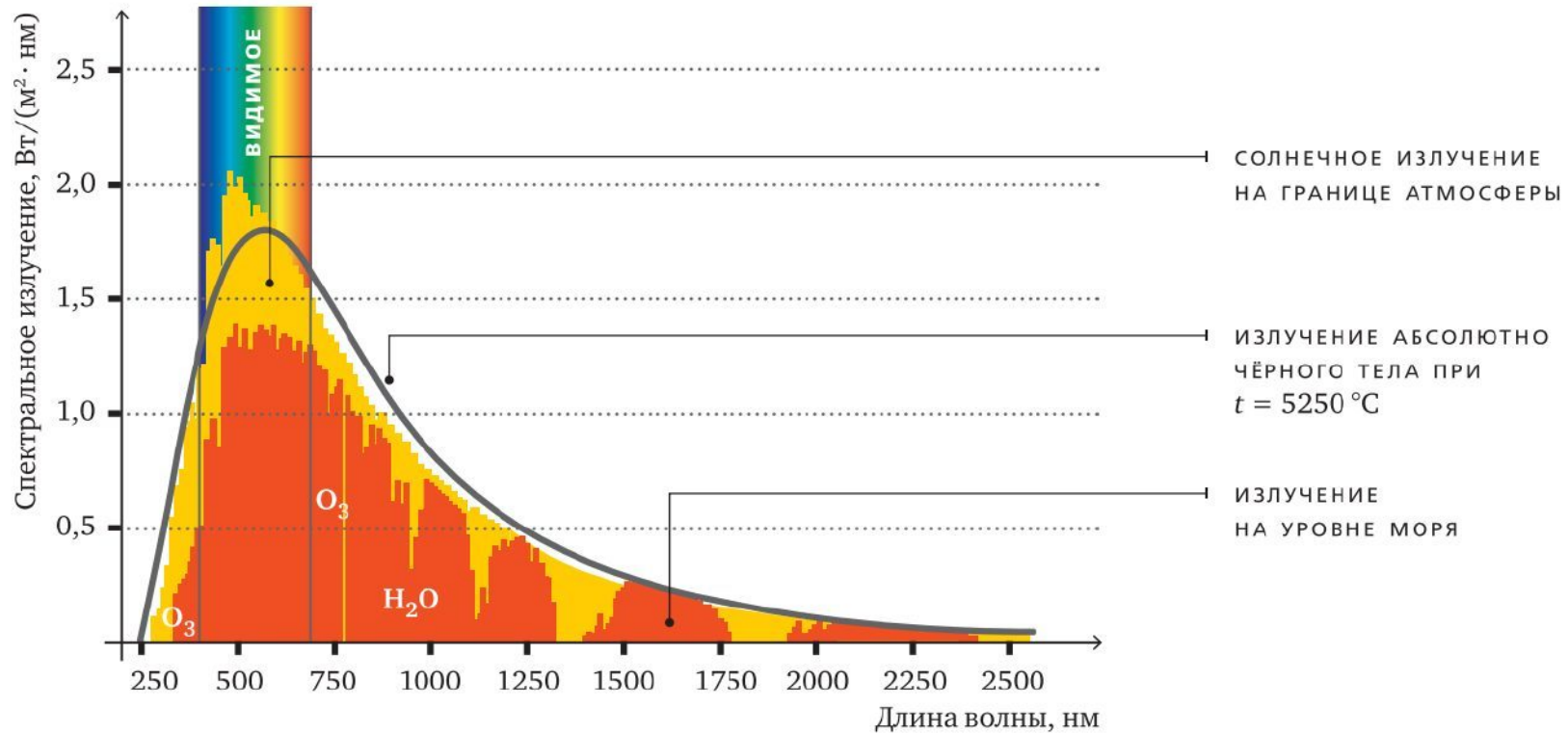


**Рис. 4.3.** Спектр излучения Солнца на границе атмосферы Земли (жёлтый цвет) и на уровне моря (красный цвет)

# Цвет неба

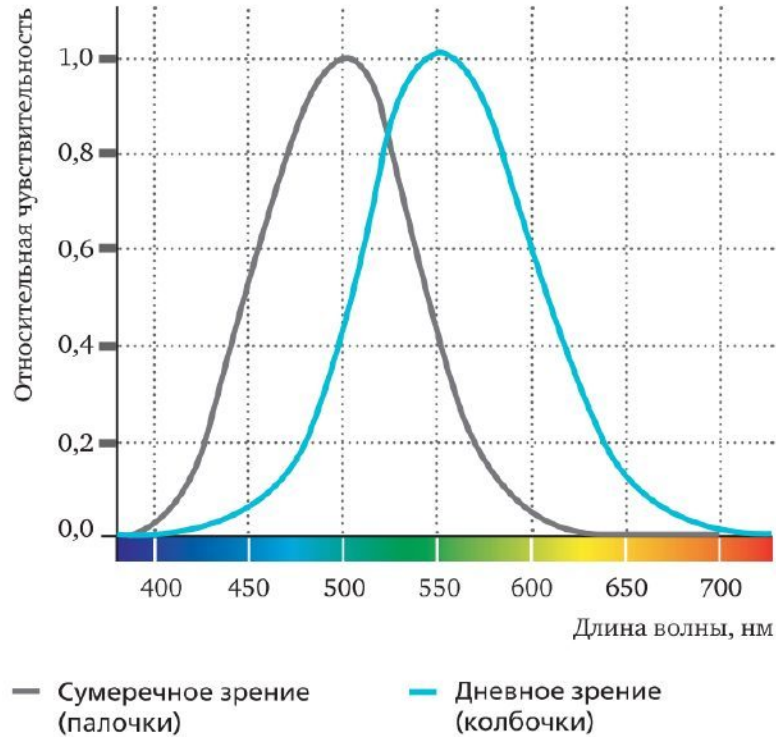


**Рис. 4.4.** Чувствительность клеток сетчатки человеческого глаза (палочек и колбочек) к разным частям спектра излучения

# Цвет неба (голубое днем и желто-красное на закате)

---



# Солнечные и лунные дорожки

---



**Рис. 5.34.** Отражение Луны: **а** — при полном штиле; **б** — при небольшом волнении моря

# Миражи

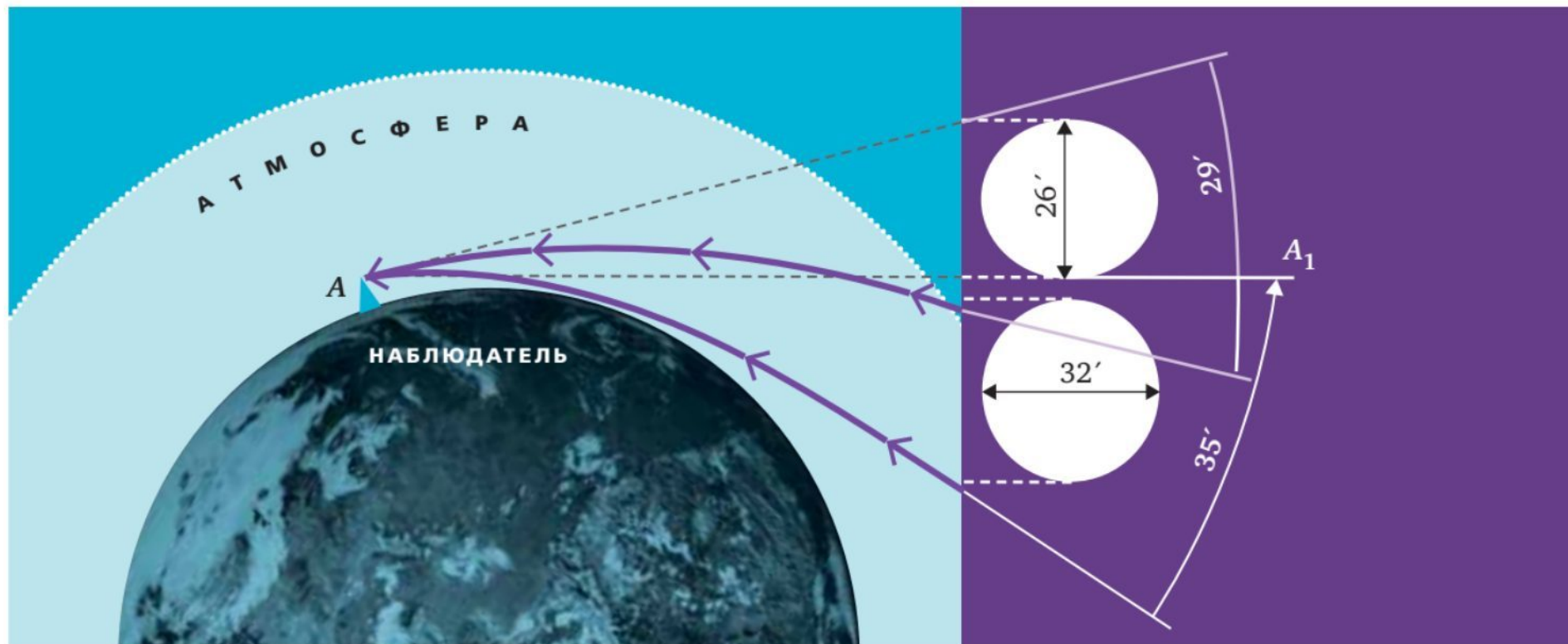


Рис. 4.10

# Миражи

---

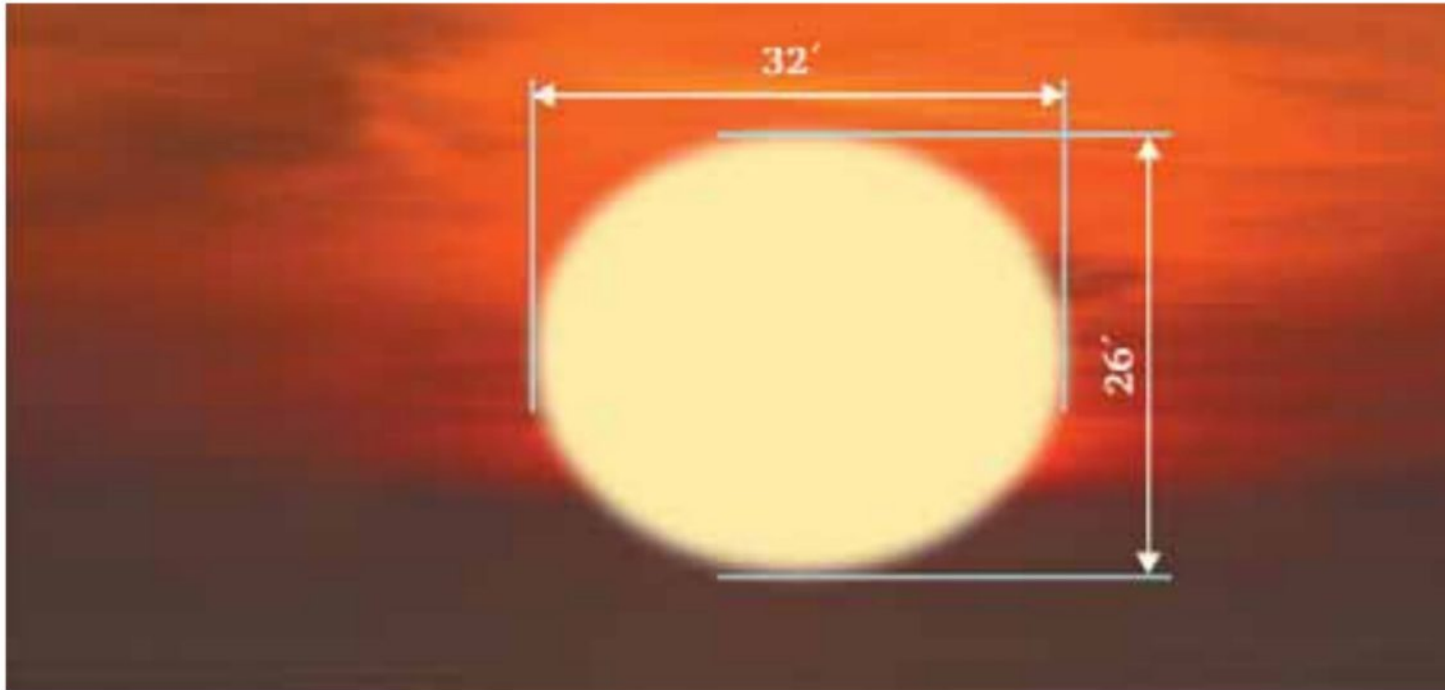


**Рис. 4.11.** Видимая деформация диска Солнца на закате

# Радуга

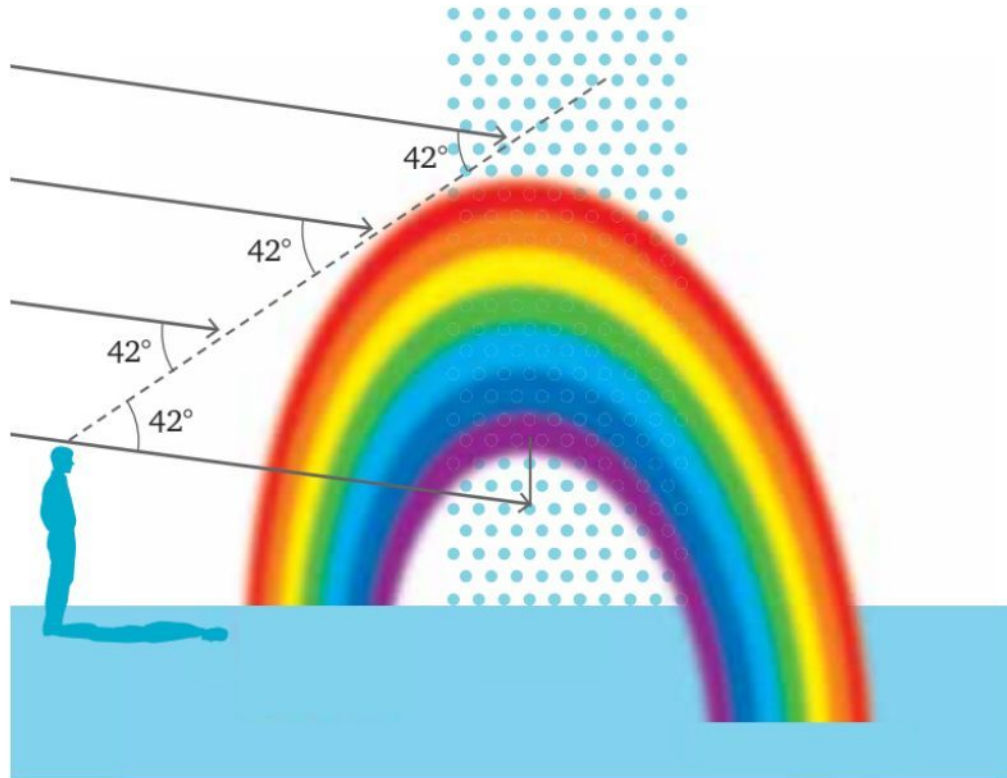
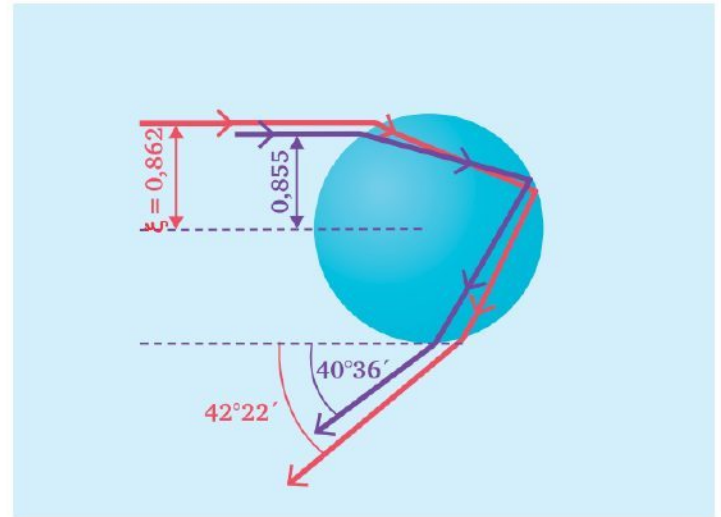


Рис. 4.14. Условия наблюдения радуги



# Круговорот воды



**Рис. 6.1.** Гидрологический цикл на Земле

# Круговорот воды

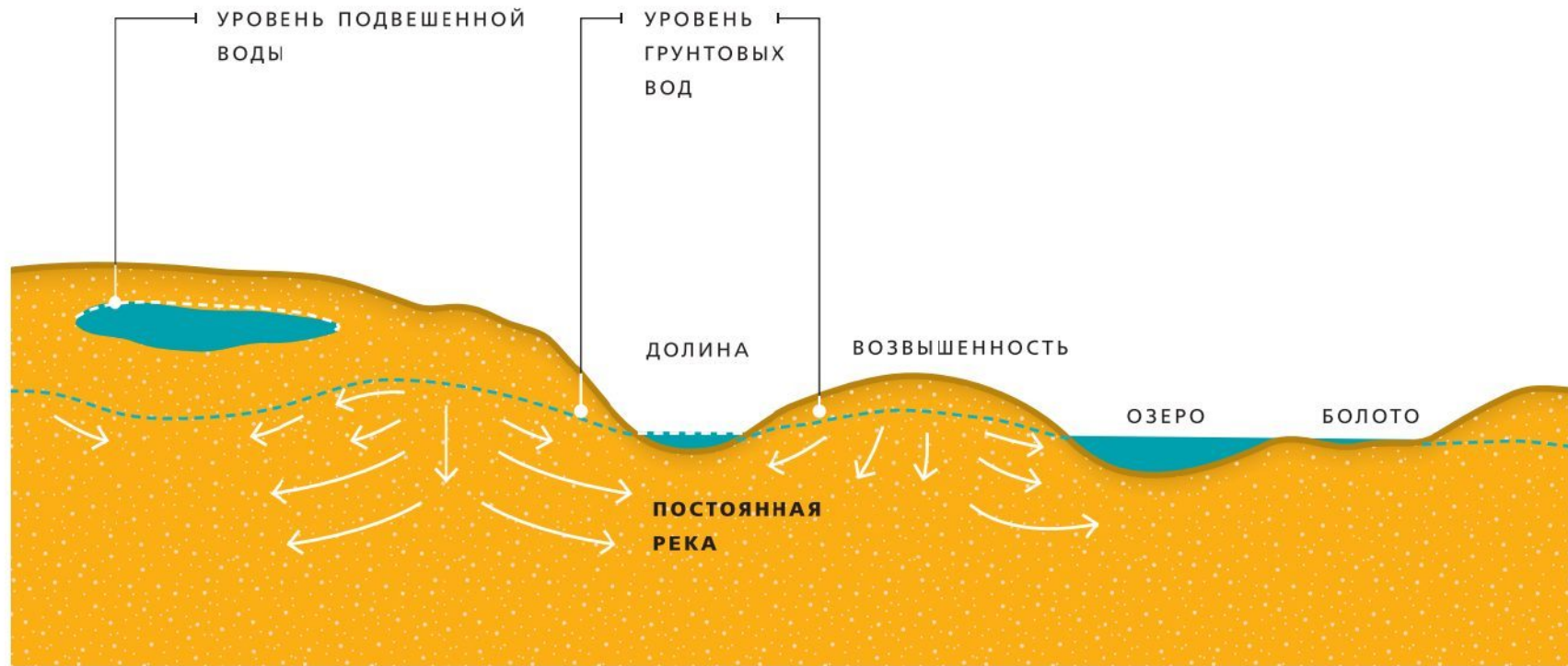


**Рис. 6.2.** Уровень грунтовых вод по отношению к рельефу

# Круговорот воды

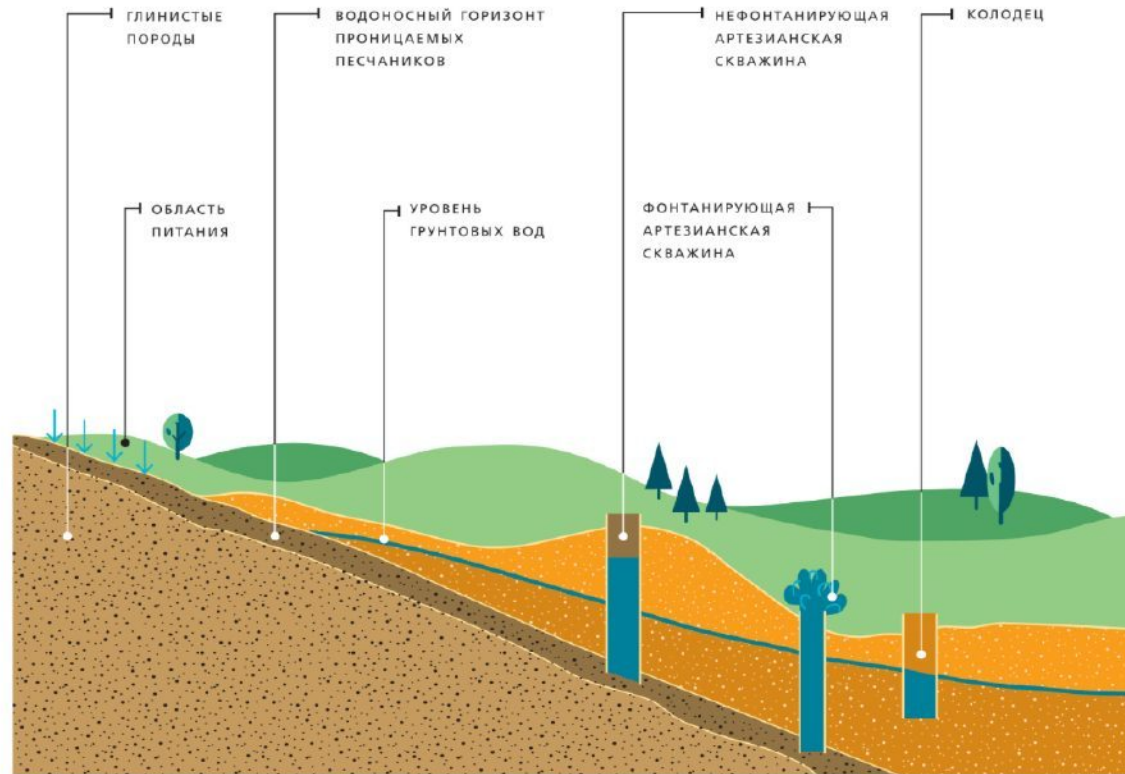


Рис. 6.3. Добыча воды из недр земли в сельской местности

# Почему из озера типично вытекает одна река

---

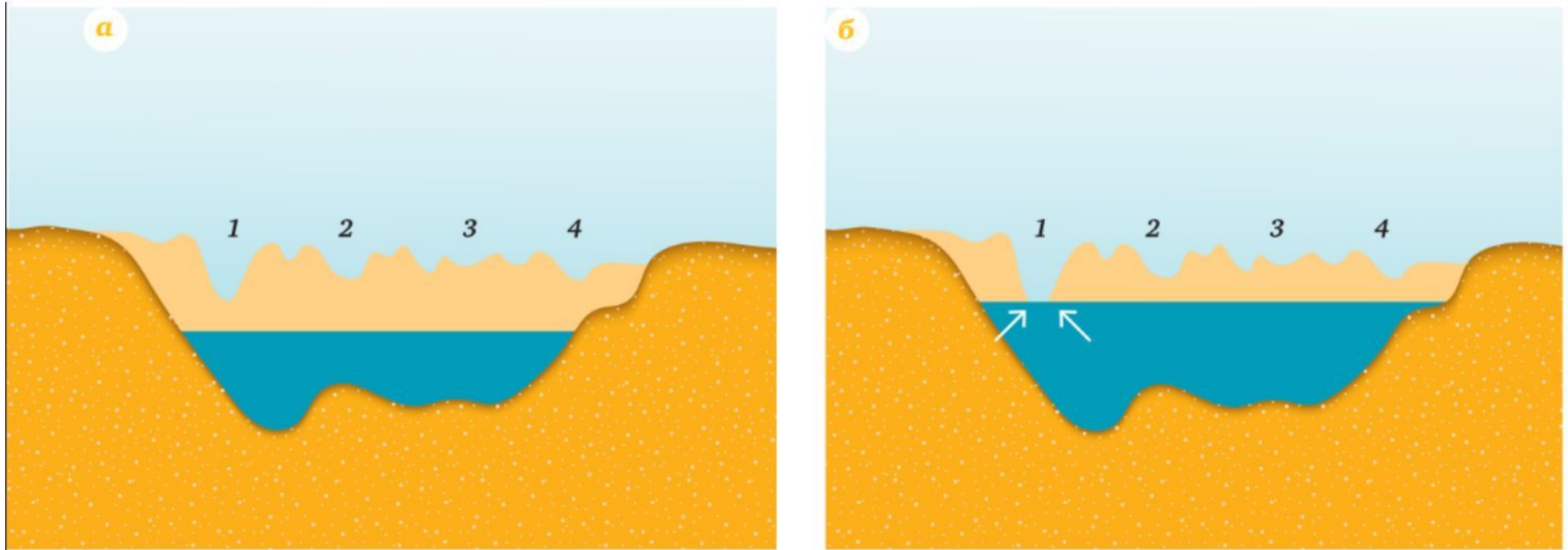


**Рис. 6.4.** Возникновение стока при повышении уровня воды в озере

# Ледники текут как реки, только медленно

---



**Рис. 6.28.** Ледник Серрано (Национальный парк Торрес-дель-Пайне, Патагония, Чили)

# Облака

---

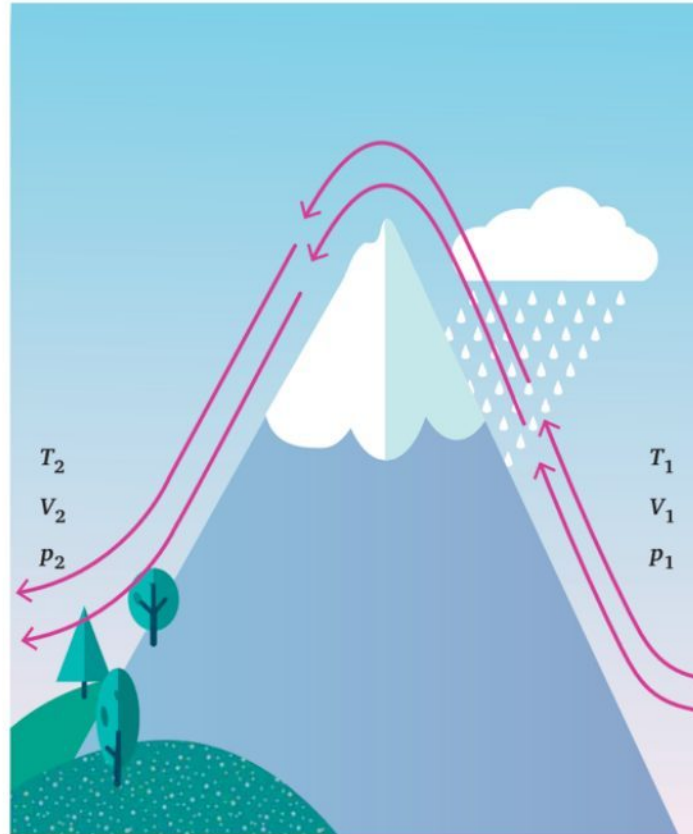


Рис. 7.6

# Вечерний туман

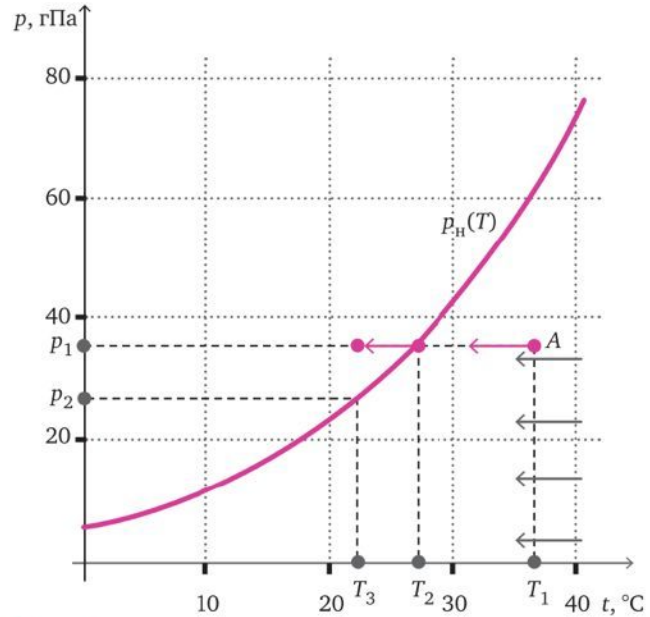


**Рис. 7.8.** Схема, иллюстрирующая механизм образования тумана при постоянном давлении и понижении температуры («туман охлаждения»)



**Рис. 7.9.** Вечерний туман