

САЙМОН КИНГ

КЛЭР НАСИР

# ЧЕМ ПАХНЕТ ДОЖДЬ?

ясные ответы  
на туманные вопросы  
о климате и погоде

КРУГОЗОР

ДЕНИСА  
ПЕСКОВА ▶

  
БОМБОРА

**Саймон Кинг  
Клэр Насир**

**Чем пахнет дождь? Ясные  
ответы на туманные  
вопросы о климате и погоде**

**Серия «Кругозор Дениса Пескова»**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=66853483](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=66853483)*

*Чем пахнет дождь?: Эксмо; Москва; 2022*

*ISBN 978-5-04-162370-8*

**Аннотация**

Чем пахнет дождь? А если это дождь из рыб или лягушек? А можно ли искусственно вызвать дождь?

Саймон Кинг и Клэр Насир знают о погоде все – и спешат поделиться с читателями интересными историями о дожде и снеге, ветрах и облаках, об удивительной радуге и о внушающих ужас смерчах и торнадо.

Книга расскажет все о климате на Земле и в космосе и сделает привычные разговоры о погоде по-настоящему увлекательными и интересными.

В формате PDF A4 сохранён издательский дизайн.

# Содержание

Введение	5
Солнце	7
Отчего небо голубое?	7
Как солнце влияет на погоду и климат на Земле?	9
Почему на земле четыре времени года?	18
Что такое ультрафиолетовое излучение?	19
Как вращение Земли влияет на погоду?	29
Что такое солнечные бури и какое влияние они оказывают на Землю?	32
Пятна на солнце и солнечные циклы	36
Стихии	39
Ветер: самая влиятельная погодная стихия на Земле	40
Конец ознакомительного фрагмента.	49

# Саймон Кинг, Клэр Насир

## Чем пахнет дождь?

*Саймон*

*Моей жене Эмме – за поддержку и наших прекрасных детей Ноа и Нелл*

*Клэр*

*Моему лучшему критику Сиенне и моему невероятному мужу Крису*

What Does Rain Smell Like?

by SIMON KING and CLARE NASIR Text copyright ©  
Simon King and Clare Nasir, 2019

Originally published in the English language in the UK by 535,  
an imprint of Bonnier Books UK Limited, London. The moral  
rights of the author have been asserted

© Коробейников А.Г., перевод на русский язык, 2022

© ООО «Издательство «Эксмо», 2022

# Введение

Все мы – предсказатели погоды. Каждый день, даже каждый час большинство из нас стремится оценить погодные условия. Это заложено в человека как биологический вид: наблюдение и понимание постоянно меняющегося неба оставило на нас неизгладимый отпечаток.

Наш мир основан на тонком равновесии между принятием стихий и борьбой с ними. Поэтому вполне естественно смотреть на небо, стремясь найти закономерности, которые могли бы подсказать, что произойдет далее. Тона и оттенки, завитки и формы, танцующие над горизонтом, подсказывают нам, что произойдет, когда мы выйдем из дома. Начиная с первых тысячелетий существования человечества и вплоть до нынешнего экономического и экологического воздействия и изменения климата, погода остается неперменной частью нашей жизни. Но наши отношения с погодой не ограничиваются постоянными попытками приспособиться к текущим условиям, мечтами о снеге на Рождество или о солнце на ближайшие выходные. Возможность пролить свет на метеорологический кавардак, который происходит в мире, ценна сама по себе и служит причиной тому, что многие из нас делают это занятие своей профессией. Книга, которую вы держите в руках, – для тех, кто, как и мы, интересуется метеорологией.

Для нас метеорология – настоящая страсть и важная часть жизни на протяжении последних десятилетий. Саймон увлекся погодой, когда ему было семь лет, и Великая Буря 1987 года прошла по Южной Англии, причинив серьезный ущерб и вызвав панику. Для Клэр понимание закономерностей в атмосфере и океанах посредством математики и физики тоже стало занятием на всю жизнь еще в детстве. Мы оба – профессиональные метеорологи, сотрудники метеорологической службы Великобритании, и мы очень много говорим о погоде. И нас постоянно спрашивают о погоде!

Эта книга – прекрасное дополнение к любому разговору о погоде. Она полна потрясающих фактов и цифр и дает ответы на многие часто задаваемые вопросы о метеорологии. Мы освещаем самое интересное, стараясь обратить внимание на наименее известные и порой несколько удивляющие загадки погоды и климата. Давайте же вместе отправимся в путешествие, погрузившись в сложный, прекрасный и восхитительный мир погоды!

*Саймон Кинг, Клэр Насир*

*Сентябрь 2019*

# Солнце

## Отчего небо голубое?

В повседневной жизни мы принимаем тот факт, что небо голубое (конечно, если оно не затянуто облаками!) Воздух, разумеется, не голубой, но, если говорить упрощенно, свет от Солнца, проходя через атмосферу, кажется нам голубым. Чтобы понять это, потребуется впоследствии разобраться с тем, как именно свет распространяется по воздуху. Хоть Солнце и кажется нам желтым или оранжевым диском в небе, исходящий от него свет на самом деле белый. Белый свет состоит из всего спектра цветов радуги: красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового. Каждый из этих цветов обладает своей энергией, с которой распространяется в небе: мы называем этот показатель длиной волны. Когда белый свет от Солнца проходит сквозь нашу атмосферу, лед, водяные капли и молекулы газа разлагают свет на указанные выше разные цвета. Этот процесс известен как рэлеевское рассеяние – в честь британского физика XIX века лорда Рэля. Голубой цвет рассеивается значительно сильнее, чем все остальные, и наши глаза более привычны к тому, чтобы определять более короткие длины волн (с этой стороны спектра и находится голубой). В ясный солнечный

день голубой будет казаться более ярким ближе к Солнцу, а не к горизонту. Дело в том, что белый свет рядом с Солнцем проходит меньший путь и не так сильно рассеивается, как рядом с линией горизонта, где он кажется более светлым, почти молочным.

# Как солнце влияет на погоду и климат на Земле?

Солнце играет важнейшую роль в существовании Земли и всей Солнечной системы. Эта звезда влияет на погоду и климат на Земле во многих отношениях: она обеспечивает нас светом и теплом, а от ее огромной силы притяжения зависят орбиты планет. Поверхность Солнца – это кипящий котел, где жаростные, беспокойные газы выделяют в окружающее пространство невероятное количество энергии, которая порой поступает в слои земной атмосферы. Но прежде чем разобраться с волшебным воздействием солнечной энергии на жизнь на Земле, давайте рассмотрим саму нашу звезду. Радиус Солнца составляет 695 510 км, а радиус Земли – 6371 километр. Иначе говоря, в Солнце может уместиться 1 миллион 300 тысяч таких планет, как Земля. Большинство ученых полагают, что возраст Солнца составляет 4,6 миллиарда лет, то есть оно лишь немногим старше Земли, которой 4,5 миллиарда. Наша звезда на 92 % состоит из водорода и всего на 8 % – из гелия и других элементов, которые имеются в следовых количествах: кислород, углерод и азот. Давление и температура просто невероятные, именно поэтому Солнце ведет себя как гигантский реактор ядерного синтеза. Однако оно имеет внутреннюю и атмосферную структуру, хотя и является газовым шаром, работающим на ядерном топ-

ливе. Вдали от раскаленного ядра температура Солнца охлаждается с 15 млн  $^{\circ}\text{C}$  до всего лишь двух миллионов – этого недостаточно для запуска процесса ядерного синтеза. А поверхность Солнца, откуда и исходит видимый свет звезды, еще прохладнее: 5500  $^{\circ}\text{C}$ . Однако внешние слои солнечной атмосферы снова оказываются намного горячее: температура опять достигает 2 млн  $^{\circ}\text{C}$ .



*Зоны Солнца*

## Структура Солнца

**Ядро:** гравитационное притяжение в ядре приводит к огромному давлению и температуре до 15 млн °C. В процессе ядерного синтеза образуется гелий – при слиянии атомов водорода; образующаяся энергия излучается вовне, попадает во внешние слои Солнца, а затем и в космос.

**Зона лучистого переноса:** она окружает солнечное ядро и играет ключевую роль в излучении энергии синтеза в форме фотонов (волн или частиц света). Любому отдельно взятому фотону требуется на это несколько сотен тысяч лет, поскольку процесс включает в себя постоянное поглощение и новое излучение фотонов солнечными газами. Этот слой составляет 45 % солнечного радиуса и охлаждается по мере отдаления от ядра. При контакте с внешней конвективной зоной этот слой теряет около 13 млн °C.

**Конвективная зона:** ее температура составляет около 2 млн °C, это самая отдаленная из зон внутреннего строения Солнца. Энергия, полученная из соседней зоны лучистого переноса, передается на поверхность Солнца посредством конвекции (повышения и понижения температуры). Это можно увидеть на поверхности Солнца, где чередуются темные (более холодные области) и светлые (более теплые) пятна. Когда фотоны достигают поверхности Солнца,

порождается свет – его-то и видно с Земли. Как зона лучистого переноса, так и конвективная зона холоднее, чем ядро.

## Есть ли у солнца атмосфера?

Как и у Земли, у Солнца есть атмосфера, которую можно разделить на три слоя.

- **Фотосфера** – внутренний слой атмосферы, который излучает свет при температуре около  $5500^{\circ}\text{C}$ . Толщина этой сферы составляет около 500 км, там можно увидеть извергающуюся плазму и более темные и прохладные пятна на Солнце.

- **Хромосфера** более горячая, чем фотосфера, увидеть ее можно только во время солнечного затмения – она выглядит как красное сияние. Температура хромосферы увеличивается с высотой до  $20\,000^{\circ}\text{C}$ .

- **Солнечная корона** – самый горячий слой атмосферы, здесь в 300 раз жарче, чем в фотосфере: до 2 млн  $^{\circ}\text{C}$ . Обычно корону с Земли не видно, однако иногда ее можно рассмотреть во время полного солнечного затмения: это белые завитки или полосы ионизированного газа, испускаемые этим слоем. Охлаждаясь, этот газ становится солнечным ветром. Существуют разногласия относительно того, почему самым горячим оказывается внешний слой солнечной

атмосферы, но некоторые ученые предполагают, что взрывы на поверхности короны высвобождают большое количество энергии, эквивалентное взрыву водородной бомбы в десять мегатонн, причем каждую секунду происходят миллионы таких взрывов.

## **Солнце кружится, вращается вокруг своей оси, летит по орбите или колеблется?**

Оно колеблется, но лишь незначительно. Дело в том, что гравитационные силы планет оказывают некоторое влияние на их звезду – Солнце. Оно вращается вокруг своей оси, но не так, как планеты. Земля, например, вращается как твердый структурированный геоид, большая часть которого остается на месте, в то время как Солнце, огромный газовый шар, при вращении ведет себя не как твердое тело. В различных областях Солнца различен и уровень вращения. Кроме того, Солнце вместе со всей Солнечной системой движется по орбите галактики Млечный Путь: Солнечная система находится в одном из ее рукавов. В свою очередь, галактика Млечный Путь движется по направлению к галактике Андромеды.

## Как воздействует на землю солнечный свет?

В течение года на Землю поступает постоянный поток солнечного излучения. Однако интенсивность его попадания на земную поверхность зависит от времени года и широты (то есть удаленности конкретной точки от экватора). Чтобы земля и вода могли нагреться, солнечный свет должен быть преобразован в тепло или инфракрасную энергию. Это преобразование происходит, когда свет встречается с поверхностью. Отражающая поверхность будет переизлучать меньше энергии, чем поглощающая. Показатель того, сколько света отражается от поверхности, называется альбедо. Интересно, что очень немногие поверхности на Земле можно назвать полностью отражающими (альбедо = 1) или полностью поглощающими (альбедо = 0). Например, альбедо свежеснежного покрова равно 0,8, а альбедо леса – около 0,15. Облака частично блокируют и отражают солнечный свет. От поверхностей белого цвета – к примеру, снега, свет в основном отражается, в то время как более темные поверхности, такие как леса и океаны, поглощают больше света. Свет, падающий на Землю, либо отражается, либо поглощается, но чаще всего происходит нечто среднее, потому что редко можно говорить о полном отражении или поглощении. Глубина воздействия солнечного света зависит от того, на какую поверхность он попадает. Если свет падает на твердую поч-

ву, то глубоко он не продвигается и обогревает этот неглубокий слой в значительно большей степени, чем, например, слои жидкости, как в море, где солнечный свет проникает гораздо глубже и поглощается, обращаясь свет в тепло, распределяемое по значительно большему объему. Вот почему температура в пустынях днем невыносимо высокая, а после наступления сумерек опускается до  $0^{\circ}\text{C}$ : ночью поверхность быстро отдает тепло. Море же постепенно нагревается за весенние и летние месяцы и тепло отдает медленно. Это оказывает огромное влияние на снижение колебаний температуры воздуха – как над водными массами, так и над прилегающей сушей. В прибрежных районах обычно более мягкие зимы, минимальные температуры не так экстремальны, как в континентальных районах, а летние месяцы менее жаркие, с меньшими максимумами. Когда свет отражается, и полученное тепло вновь излучается в атмосферу, оно начинает циркулировать по земному шару. Земная атмосфера играет роль одеяла, которое удерживает значительную часть этого тепла. Это объясняет, почему Луна такая холодная: солнечный свет поступает на ее поверхность, но там нет атмосферы, которая задерживала бы тепло. Солнечный свет преобразуется не только в теплоту, но и в химическую энергию посредством фотосинтеза растений – еще один жизненно важный для Земли процесс.

## **Как изменяется количество солнечного света на земле от севера к югу?**

Положение Земли относительно Солнца подразумевает, что больше всего солнечного излучения приходится на экватор. Солнце непосредственно оказывается над экватором во время весеннего и осеннего равноденствия (когда день и ночь делятся одинаково), так что прямые солнечные лучи падают на экватор. В самой северной и самой южной точке Солнце оказывается во время летнего и зимнего солнцестояния. Летнее солнцестояние – самый длинный день в Северном полушарии, а зимнее – кратчайший, поскольку в это время Солнце достигает самой южной точки Южного полушария.

### ***Полярный день***

На полюсах максимальный уровень солнечного излучения наблюдается во время летнего солнцестояния, но, в отличие от экватора, солнечные лучи на полюсах косые и падают под углом. В это время тьма не наступает – светло круглые сутки. Летом к северу от Северного полярного круга и к югу от Южного полярного круга наступает так называемый полярный день, причем длительность полярного дня увеличивает-

ся в высоких широтах. С 12 июня по 1 июля на Северном полярном круге светло круглые сутки. За Южным полярным кругом полярный день длится более двух недель – неделю до 21 декабря и неделю после.

## *Полярная ночь*

В районе зимнего солнцестояния, наоборот, на несколько недель Солнце полностью исчезает за горизонтом, погружая высокие широты Земли в полную тьму – долгую «полярную ночь». Именно в это время устанавливаются рекорды низких температур. Нынешний мировой рекорд с момента ведения записей установлен в Антарктиде:  $-89,2^{\circ}\text{C}$ . По спутниковым данным ученые определили, что в некоторых частях Восточной Антарктиды температура может опускаться и ниже – например, в июле 2004 года она упала до  $-98,6^{\circ}\text{C}$ . Хотя во время осеннего равноденствия Солнце и начинает полностью исчезать за горизонтом, некоторое время в сутках все еще имеются сумерки – все более темные, – и, наконец, не остается ни малейшего намека на свет. На Северном полюсе это происходит в середине ноября и длится до конца января. Солнце вновь появляется во время весеннего равноденствия. Можно сказать, что для Северного полюса полдень соответствует летнему солнцестоянию, а полночь – зимнему.

# **Почему на земле четыре времени года?**

Времена года определяются интенсивностью солнечного излучения. Дело не в том, насколько близко Земля подходит к Солнцу, хотя справедливо утверждать, что орбита Земли представляет собой эллипс. Причина смены времен года в том, что ось вращения нашей планеты наклонена; сейчас этот наклон составляет 23,4 градуса (хотя со временем показатель немного изменяется). Когда Земля совершает оборот вокруг Солнца за год, этот наклон сохраняется, в результате каждое полушарие отклоняется от Солнца зимой и приближается к Солнцу летом. Когда полушарие наклонено в сторону Солнца, падающие на него солнечные лучи гораздо более концентрированы, и поэтому воздух более теплый. Зимой же происходит обратный процесс. Для регионов, прилегающих к экватору, все сводится к смене сухих сезонов влажными, поскольку ветер реагирует на изменения интенсивности солнечного излучения и распределения тепла у поверхности. В средних широтах это приводит к переходу от осени к холодному зимнему сезону, а потом к весне и лету. Без наклона Земли не было бы и времен года.

# Что такое ультрафиолетовое излучение?

Ультрафиолетовое излучение – это часть электромагнитного спектра излучения. Слово «излучение» означает электромагнитную энергию, испускаемую Солнцем. Его можно разделить на части в зависимости от длины волны и частоты излучения. Солнце испускает широкий и постоянный спектр волн. Они подразделяются на несколько категорий.

*Радиоволны:* самая низкая частота и наименьшая энергия. Диапазон длин волн, соответственно, от 1 см до 100 км. Их можно использовать для коммуникации: они способны переносить информацию или сигналы из одного места в другое. Радио- и телевизионные станции, как и компании сотовой связи, используют для передачи сигналов именно радиоволны. Звезды и планеты тоже испускают радиоволны, которые могут уловить радиотелескопы на Земле, принимающие радиочастоты электромагнитного спектра.

*Микроволны:* следующая по частоте часть спектра. Их длина составляет от 1 мм до 30 см. Они могут проходить через объекты, вызывая колебания воды и жира и повышение температуры, почему их и используют в микроволновых печах, а также для передачи данных – в мобильных телефонах и Wi-Fi.

*Инфракрасное излучение:* средняя часть электромагнит-

ного спектра испускает инфракрасную энергию, которая, по сути, является невидимым теплом. Однако не вся инфракрасная энергия вырабатывает тепло. В широком смысле длина волны в этой части электромагнитного излучения варьируется от нескольких миллиметров до 750 нанометров, или 0,75 микрон. Более короткие волны используются в технологиях создания изображения, а более длинные испускают тепло. Радиация – один из трех способов перемещения тепла по Земле (два других – конвекция и проводимость). В этом случае солнечный свет, попадая на поверхность Земли, излучается обратно как инфракрасная тепловая энергия.

*Видимый свет:* свет, который может различить человеческий глаз. Эта часть спектра делится по цветам радуги: от более низких частот, излучающих красный цвет, до более высоких, дающих голубой, синий и фиолетовый. Объекты поглощают и отражают световые волны разной длины. Цвет, который мы видим, связан с соотношением поглощения и отражения. Например, черный объект, поглощающий все волны видимого света именно поэтому выглядит черным, в то время как белый предмет отражает все световые волны, вследствие чего кажется белым. В промежутке возможны самые разнообразные сочетания.

*Ультрафиолетовое излучение:* электромагнитное излучение, о котором пишут, вероятно, чаще всего. Оно невидимо невооруженным глазом, его нельзя почувствовать, но ультрафиолетовые (УФ) лучи – причина загара кожи и ее сго-

рания при слишком длительном пребывании на солнце. Однако небольшое количество УФ-лучей – важное условие выработки организмом необходимой дозы витамина D. Кроме того, они используются в промышленных и медицинских целях для уничтожения бактерий и создания флуоресценции.

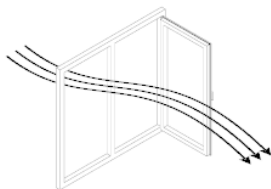
*Рентгеновское излучение*: волны с очень высокой частотой и огромной энергией, которые испускает солнечная корона. Рентгеновские лучи излучаются только очень горячими газами. Они не проходят сквозь атмосферу Земли, которая играет роль плотного экрана, но испускаются некоторыми объектами на Земле. Например, рентгеновский аппарат направляет интенсивные пучки электронов в небольшое пространство, что дает достаточно энергии для выработки рентгеновских лучей. Эти лучи с легкостью проходят через мягкие ткани, но не через кости, что позволяет диагностировать переломы.

*Гамма-лучи*: самые короткие волны, обладающие самой высокой частотой и, следовательно, самой высокой энергией. Эти лучи далеко не распространяются. Доходя до внешних слоев атмосферы Солнца, они поглощаются плазмой и испускаются заново с менее высокой частотой. Отличить рентгеновские лучи с наивысшей частотой от гамма-лучей практически невозможно, однако происхождение двух этих видов волн различно. Гамма-лучи излучаются ядрами атомов в процессе распада ядра, а рентгеновские лучи испускаются электронами.

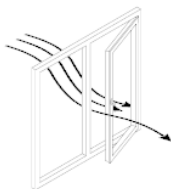
Все эти волны излучают энергию на Землю и в космос. В то время как воздух, звук и вода передают энергию посредством механических волн или возмущений, им нужна среда для распространения.

Электромагнитным волнам среда не нужна: они распространяются в виде волн или частиц света (фотонов) и могут проходить через космический вакуум. Характеристики всех этих электромагнитных волн различны, однако они движутся в пространстве с одинаковой скоростью – около 300 тысяч километров в секунду. Когда же они достигают атмосферы Земли, все меняется: только волны определенной длины способны проникнуть в атмосферу, а еще меньше – дойти до земной поверхности. Хотя атмосфера Земли кажется нам прозрачной, ее слои непроницаемы для рентгеновского и гамма-излучения, и это хорошо, потому что такие лучи опасны для людей.

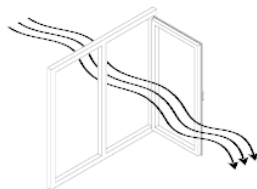
Радиоволны



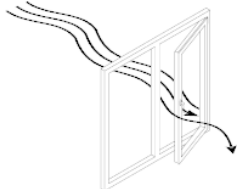
Инфракрасное излучение



Видимый свет



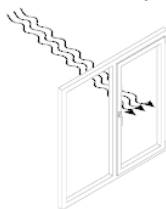
Ультрафиолетовое (УФ) излучение



Рентгеновские лучи



Гамма лучи (γ-лучи)



*Атмосфера Земли проницаема только для световых волн определенной длины: можно провести аналогию с открытыми, закрытыми или приоткрытыми окнами.*

Видимый свет, конечно, добирается до поверхности. Некоторым радиоволнам это тоже удастся, другие отражаются от ионосферы (слоя атмосферы Земли на расстоянии более 85 км от земной поверхности, где высока концентрация ионов и электронов, отражающих часть радиоволн). То же верно и для инфракрасного и ультрафиолетового излучения: одни лучи проходят, другие отражаются обратно в космос, третьи поглощаются верхними защитными слоями атмосферы.

## **Что такое озоновый слой?**

Большая часть ультрафиолетового излучения поглощается озоновым слоем. Эта невероятно тонкая прослойка состоит из газа озона, располагается в верхних слоях стратосферы – в 10–50 километрах от поверхности Земли, и весьма эффективно защищает нас от большей части ультрафиолетовых лучей. В XX веке потребовалось несколько десятилетий, чтобы понять, что чрезмерное использование хлорфторуглеродов (ХФУ) разрушает озоновый слой стратосферы. В нем обнаружили озонные дыры, и после бурных дискуссий в мире запретили использовать ХФУ в холодильниках и аэрозолях, чтобы компенсировать причиненный ущерб. Сейчас, когда мы давно уже живем в XXI веке, некоторых ученых беспокоит то, что слишком тонкий озоновый слой впоследствии может чересчур увеличить количество ультрафиолетовых лучей, которые достигают Земли.

## **Как на нас воздействуют разные типы ультрафиолетового излучения?**

Ультрафиолетовое излучение (УФ-лучи) можно разделить на подтипы: ультрафиолет А, ультрафиолет В и ультрафиолет С, имеющие разную длину волны.

- Ультрафиолет А (315–400 нм) – ближнее УФ-излучение, длинноволновой диапазон, проходит сквозь атмосферу;
- Ультрафиолет В (280–315 нм) – среднее УФ-излучение, 90 % поглощается озоновым слоем, 10 % проходит сквозь атмосферу;
- Ультрафиолет С (100–280 нм) – дальнее УФ-излучение, коротковолновый диапазон, полностью поглощается озоновым слоем и не доходит до поверхности Земли.

На жизнь на Земле главным образом влияет ультрафиолетовое излучение типа А (на его долю приходится около 95 % от всего УФ-излучения). Именно оно используется, в частности, в соляриях и вызывает загар. Известно, что чрезмерная доза ультрафиолета А приводит к раку кожи. Если ультрафиолет А способен глубоко проникать в кожу (в дермис и подкожные слои), то ультрафиолет В может попадать лишь на поверхность кожи (эпидермис). Однако именно воздействием ультрафиолета В объясняются ожоги и покраснение внешнего слоя кожи. Он также играет ключевую роль в развитии рака кожи, а наибольшую активность проявляет в районе полудня.

## **Что такое УФ-индекс?**

Мы не можем увидеть или почувствовать УФ-лучи на на-

шей коже, но они играют важную роль в развитии рака кожи у людей во всем мире. Когда в прогнозе погоды сообщается о том, что ожидается высокий уровень УФ-излучения, нужно принять меры предосторожности, чтобы защитить кожу от вредоносных лучей Солнца. Уровень УФ-излучения, достигающего поверхности, вычисляется при помощи компьютерных моделей, которые учитывают не только интенсивность солнечного излучения на земной поверхности и над ней, в том числе в облаках, но и толщину озонового слоя стратосферы, высоту поверхности над уровнем моря и другие факторы – например, время суток и газовый состав нижних слоев атмосферы. В 1992 году Всемирная организация здравоохранения и Всемирная метеорологическая организация ООН ввели шкалу прямо пропорциональную интенсивности УФ-излучения. Низший уровень – 1 (нет/очень мало излучения – обычно ночью); высший – 11+ (чрезвычайный риск вредоносного УФ-излучения).

## **Как различается уровень ультрафиолетового излучения?**

Уровень УФ-излучения, достигающего Земли в определенное время или в определенном месте, колеблется в течение года в зависимости от расположения Солнца на небе. Над экватором Солнце большую часть года находится высоко, поэтому уровень УФ-излучения здесь обычно тоже вы-

сок. Но чем дальше от экватора, тем сильнее уровень УФ-излучения зависит от времени года. Зимой Солнце стоит на небе низко, и уровень УФ-излучения, достигающего поверхности, ниже, чем летом, когда Солнце стоит высоко, и УФ-лучи находят более прямой путь сквозь атмосферу Земли (а также проходят через более тонкий слой озона), тем самым сохраняя большую часть своей энергии. Для стран, находящихся в умеренных широтах, таких как Великобритания, самый высокий уровень УФ-излучения наблюдается в июне, когда Солнце выше всего стоит в небе. В это время самый высокий в Великобритании индекс УФ-излучения – обычно 7, в редких случаях – 8. Уровень ультрафиолета в апреле сопоставим с августовским, а ведь весной в целом холоднее, чем летом. Поэтому в апреле люди обычно более уязвимы к солнечному излучению, чем, например, в августе из-за ложного ощущения, что Солнце не такое мощное: хотя на улице не так тепло, уровень УФ-излучения практически одинаковый. Важную роль играет и время суток: с 10 утра до 3 дня Солнце достаточно высоко, чтобы уровень УФ-излучения поднялся. Среди других факторов, определяющих этот показатель – облачный покров, высота, почвенный покров и атмосферный озон.

• *Облачный покров*: в очень облачные дни уровень УФ-излучения может сильно сократиться (иногда облака слишком тонкие, так что УФ-излучение все еще достаточно сильное).

- *Высота*: с каждыми 300 метрами подъема уровень УФ-излучения повышается на 2 % из-за разрежения воздуха.

- *Почвенный покров*: земная поверхность различной структуры по-разному отражает ультрафиолетовое излучение. На пляже морская вода отражает примерно на 10 %, а песок – до 15 % больше УФ-лучей, чем более темные поверхности – трава или скалистые местности. Белая же поверхность, такая как снег и лед, отражает на 80 % больше УФ-лучей. Все это приводит к повышенному риску обгорания.

- *Атмосферный озон*: озон в атмосфере задерживает УФ-лучи, так что отслеживание толщины озонового слоя необходимо для определения интенсивности УФ-излучения, которое в итоге достигнет поверхности Земли. Количество озона над нашими головами колеблется в зависимости от широты, долготы и времени года. Иногда озоновый слой в какой-либо из частей неба существенно истончен. Озоновые дыры порой могут формироваться в определенное время года – например, весной над Антарктикой.

# **Как вращение Земли влияет на погоду?**

В космосе вращается все – от астероидов и планет до звездных систем и галактик. Это называется сохранением углового количества движения, которое досталось нам со времен образования Вселенной, когда газ и пыль образовали Солнце и планеты вокруг него. Объекты в космосе продолжают свое движение с тех пор, как начали двигаться. Это явление известно как инерция. Земля не только вращается вокруг Солнца – она обращается и вокруг собственной оси. И это обращение необходимо для поддержания существования жизни на Земле: без него все было бы совершенно иначе. Без центробежной силы возобладала бы сила тяжести, океаны передвинулись бы к полюсам, где притяжение сильнее всего, а обнажившаяся суша доходила бы от экватора до умеренных широт. Земной год длился бы примерно столько же, как сейчас, а вот день на Земле равнялся бы году. Уже эти два фактора полностью изменили бы климат на Земле, и это стало бы катастрофой для привычной нам жизни. Обращение Земли вокруг своей оси удерживает в равновесии океаны и атмосферу, благодаря ему в игру вступают другие силы, помимо гравитации. Например, сила Кориолиса – это сила инерции, которая отклоняет жидкости на вращающейся системе координат (Земле). Она действует перпендикуляр-

но оси вращения и считается «кажущейся силой», поскольку отмечается наблюдателем на Земле, а не испытывается собственно движущейся жидкостью.

Поверхность Земли движется не с той же скоростью, что и атмосферный воздух. То, что мы сверху воспринимаем как прямой поток воздуха, у поверхности будет отклоняться, поскольку Земля продолжает вращаться. В Северном полушарии это отклонение направо, то есть к западу. Сила Кориолиса наиболее отчетливо чувствуется у полюсов: чем ближе к экватору, тем меньше она оказывает влияние на погоду. Сила Кориолиса создает спирали из облаков и воздуха, которые переносят влагу и тепло по планете. Области низкого давления в средних широтах, напоминающие доску для дартса, обусловлены силами, связанными с вращением Земли: теплый воздух, движущийся на север, сталкивается с холодным воздухом, распространяющимся на юг. Когда эти воздушные массы смешиваются, начинается циркуляция. На спутниковых изображениях видны великолепные вихри циклонов с четко различимым «глазом» в центре и вращающимися облаками на периферии – это свидетельство существования силы Кориолиса. Знаменитые пассаты<sup>1</sup> на тридцатых широтах – еще один пример того, как сила Кориолиса формирует погоду на планете. Северо-восточные ветры к северу от эква-

---

<sup>1</sup> Пассаты – устойчивые сильные ветры в 30-х градусах северной и южной широты, дующие в тропиках по направлению к экватору. В северном полушарии они дуют с северо-востока, в южном – с юго-востока. Словарь использующихся в книге терминов приведен в конце.

тора сближаются с юго-восточными ветрами к югу от экватора. Те и другие отклоняются от прямого движения к северу или югу силой Кориолиса (вправо – в Северном полушарии, влево – в Южном). Район, где встречаются эти ветры, носит название тропической зоны конвергенции; именно она порождает пояс низкого давления, который окружает атмосферу Земли близ экватора.

# **Что такое солнечные бури и какое влияние они оказывают на Землю?**

Солнце кажется с Земли лишь далеким огненным шаром, однако его влияние не ограничивается светом и гравитационным притяжением. Поверхность Солнца активна и полна энергии, высокозаряженные частицы с нее постоянно прорываются в космос, и Земля порой оказывается на линии огня.

## **Солнечный ветер**

Это нескончаемый поток высокозаряженных частиц, испускаемых Солнцем. Во время мощных вспышек плазмы, известных как корональные выбросы массы, постоянный поток солнечного ветра изменяется. Плазма выбрасывается во всех направлениях, разгоняется до скорости 3000 километров в секунду и разогревается до температуры 1 млн °С. Но самое невероятное ее свойство в том, что эта плазма обладает магнитным полем и притягивается к магнитному полю Земли, причем сильнее всего это притяжение в районе Северного и Южного полюсов. Иногда эти высокозаряженные частицы устремляются к Земле, опоясывая планету; сильнее всего – опять же у полюсов. Голубые, зеленые, красные лучи

порой образуют неясную цветную завесу, порой же – четкий спектр вихрей. Все это – свидетельство того, что солнечные газы подобралась к нам ближе, и находятся не в 150 миллионов километрах (расстояние от Земли до Солнца). Солнечный ветер, притянутый магнитным полем Земли, поглощается и смешивается с газами из внешних слоев атмосферы Земли – термосферы. Столкновение заряженных солнечных частиц с кислородом приводит к образованию красного и зеленого свечения, а с азотом – фиолетового и розового. Эта захватывающая картина танцующего света бывает видна близ полюсов, и возможность увидеть ее – предмет желаний многих людей. Сияния наблюдаются только в темные и холодные месяцы; летом у Полярного круга Солнце почти не покидает небосвода.

## **Протуберанцы и корональные выбросы массы**

Протуберанцы – это крупные выбросы электромагнитного излучения с поверхности Солнца. Они испускают в космос высокозаряженные солнечные частицы, но есть и другие, более серьезные события, которые оказывают сильное воздействие на жизнь на Земле. Речь о корональных выбросах массы – более мощном и значительном варианте солнечных вспышек. Эти солнечные вихри достигают Земли за 3–4 дня: достаточный срок, чтобы подготовиться к тому вреду, который они способны нанести. Энергия этих частиц проникает

сквозь внешние слои атмосферы, где образуются полярные сияния. Они воздействуют на магнитное поле Земли и мешают работе электросетей, радиосвязи и спутников.

## *Буря Кэррингтона*

В 1859 году, в конце августа, в солнечной короне произошёл корональный выброс массы, и частицы отправились к Земле с помощью чрезвычайно сильного солнечного ветра. В Северном и Южном полушариях были видны сияния – очень необычный случай, поскольку, как правило, они наблюдаются в районе полюсов. В данном же случае их можно было видеть в австралийском Квинсленде и на Кубе. Однако последствиями этой геомагнитной бури были не только великолепные визуальные явления в верхних слоях земной атмосферы. Телеграфные сети в Северной Америке и Европе отказали: со столбов летели искры. Хотя подобные события и редки, буря Кэррингтона – не единичный случай в истории. Совсем недавно, в 2012 году, корональный выброс массы лишь немного разминулсЯ с Землей. В нашу цифровую эпоху солнечный ветер такой интенсивности возымел бы значительно более серьезные и дорогостоящие последствия. За двадцать лет до того корональный выброс массы мощностью в 20 миллионов атомных бомб выпустил в космос облако протонов и электронов. С помощью солнечного ветра, это облако добралось до Земли и вывело из строя электро-

сеть канадской компании Hydro-Quebec, отвечающей за производство, транспортировку и сбыт электроэнергии: 6 миллионов человек в течение 9 часов оставались без электричества. Хотя это событие имело меньший масштаб, чем буря Кэррингтона, оно напомнило о том, что солнечные бури – реальность, и что они происходят каждые несколько дней.

# Пятна на солнце и солнечные циклы

Каждый солнечный цикл длится 11 лет. Он достигает своего пика, солнечного максимума, и постепенно скатывается к солнечному минимуму. Каждый цикл связан с силой магнитного поля Солнца: наибольшая – во время солнечных максимумов, именно тогда и образуется основная часть солнечных пятен. Во время солнечных минимумов пятна на Солнце встречаются редко, таким образом, количество солнечных пятен – это хороший индикатор солнечной активности, а также отклика Земли на это возмущение.

## Что такое пятна на Солнце?

**Цвет:** пятна на Солнце – темные пузырьки или области, которые возникают на поверхности Солнца. Они состоят из двух частей: тени (более темной) и окружающей ее полутени.

**Расположение:** при более пристальном рассмотрении оказывается, что солнечные пятна расположены в фотосфере – внутреннем слое солнечной атмосферы, более холодном, чем ее внешние слои (хромосфера и корона).

**Температура:** имеют более низкую температуру, чем окружающее их пространство – около 3700 °С, то есть примерно на 1000 °С холоднее, чем вся фотосфера.

**Размер:** могут быть во много раз больше Земли.

**Образование:** возникают благодаря внутреннему магнитному полю Солнца, которое «выдувает» поток частиц на поверхность, формируя таким образом пятно.

**Появление:** показываются в определенных районах сферы Солнца – в 15–20 градусах от солнечного экватора. Они никогда не встречаются к северу или югу от 70-й широты.

**Время:** обычно появляются во время солнечного максимума, то есть наибольшей активности Солнца.

Пятна на Солнце – надежный признак высокой солнечной активности: рядом с ними происходят вспышки плазмы, что приводит к образованию протуберанцев и самых страшных чудовищ – корональных выбросов массы. Солнечный ветер переносит эту массу высокозаряженных частиц в космос, где поток, привлеченный ее магнитным полем, иногда направляется в сторону Земли. С 1645 по 1715 год наблюдался солнечный минимум – активность солнечных пятен была почти нулевой. Это совпало с малым ледниковым периодом. Данный период получил название минимума Маундера, однако среди некоторых ученых до сих пор ведутся жаркие дебаты насчет того, почему именно было так холодно. Стала ли погода следствием солнечного минимума? Нужно заметить, что малый ледниковый период случился примерно в то же время, что и увеличение вулканической активности, в результате которого в верхние слои атмосферы попали частицы, блокировавшие солнечные лучи и еще силь-

нее уменьшившие воздействие Солнца. Более общий вопрос звучит так: есть ли какие-то доказательства влияния изменений в активности Солнца на климат? В каком-то отношении – безусловно: со временем количество солнечной энергии увеличивается и уменьшается, и солнечный максимум ассоциируется с более высоким уровнем УФ-излучения, которое влияет на жизнь на Земле и на происходящее в атмосфере. Во время солнечных минимумов, когда активность пятен на Солнце наименьшая, УФ-излучение тоже слабее. Конечно, все это оказывает свое воздействие, однако следует учитывать и значительное увеличение уровня загрязнения, в том числе парниковыми газами, и реакцию Земли на это загрязнение, так что отделить влияние солнечной активности от влияния изменения климата и его естественных флуктуаций практически невозможно.

# Стихии

Солнце определяет погоду на Земле на всех уровнях. Влияние Солнца, расположенного в 150 миллионах километров от нас, пронизывает каждый слой атмосферы, приводя к изменениям освещенности, температуры, влажности и атмосферного давления. Постоянно изменяющиеся в связи с этим свойства воздуха в разных сочетаниях и пропорциях создают природные стихии. В первую очередь это ветер, облака и осадки. За этим кроется множество более конкретных природных явлений всех формы видов – например, снег, туман и струйные течения. Рассмотрев их, мы сможем точно узнать, как именно они влияют на мир вокруг нас.

# **Ветер: самая влиятельная погодная стихия на Земле**

Ветер – вероятно, самая значительная из погодных стихий на Земле. Часто мы отмахиваемся от него как от неприятности, из-за которой портится прическа, дождь летит прямо в лицо или – что более серьезно – происходят массовые разрушения, когда ветер переходит в ураган или торнадо. Однако эта стихия невероятно важна как в глобальном, так и в локальном масштабе. В первом случае ветер необходим для перемещения теплого воздуха с экватора на полюса, чтобы регулировать температуру. Стихия также распределяет по земному шару влажность – без него не существовало бы круговорота воды в природе. В локальном масштабе ветер – одна из основных причин почти любых погодных явлений. При этом он важен не только для метеорологии, но и для географии и природных ландшафтов, которые тоже сформированы ветром: от эрозии гор до распространения пыльцы цветов и растений.

В метеорологии ветер определяется очень просто – поток воздуха. Поток может быть вертикальным, восходящим или нисходящим, или горизонтальным, распространяющимся в любом направлении. В обычном метеорологическом прогнозе вам сообщают скорость и направление ветра. При этом направление указывается исходящее: юго-западный ветер дует

не на юго-запад, а с юго-запада. Скорость ветра может колебаться от спокойных 0–5 м/с до ураганных – более 33 м/с и, наконец, до реактивных потоков, например, в торнадо, где скорость достигает 134 м/с.

Чтобы понять, как движется воздух, нужно учесть температуру и давление. Когда Солнце нагревает воздух, атомы и молекулы возбуждаются, они начинают колебаться и беспорядочно двигаться, и между ними увеличивается пространство. Этот разогретый воздух тем самым расширяется и начинает подниматься вверх. В более холодном воздухе, соответственно, атомы и молекулы приближаются друг к другу, воздух становится более плотным и опускается вниз. Это движение вверх и вниз и определяет атмосферное давление: поднятие теплого воздуха снижает давление у поверхности, а холодный воздух, опускающийся вниз – увеличивает. Когда на каком-то участке атмосферы возникает разность давления, воздух естественным образом перетекает из области высокого в область более низкого давления, где воздуха меньше. Это движение воздуха и есть ветер. Чем больше разность давления между двумя участками воздуха, тем сильнее ветер. Зоны низкого давления создают влажную и ветреную погоду: воздух быстро движется к центру низкого давления, создавая сильный ветер, а при восхождении образует облака и дождь.

Конечно, все не так просто, как изложено здесь. В глобальном масштабе нам известно, что Солнце нагревает эк-

ватор сильнее, чем полюса. Это значит, что воздух у экватора тоже нагревается, а следовательно, расширяется и поднимается. Когда воздух доходит до пределов атмосферы и не может двигаться дальше, он начинает продвигаться в сторону одного из полюсов – к северу или к югу. В процессе воздух начинает остывать и вновь опускается к поверхности. Достигнув ее, он вновь перенаправляется на север или на юг. Воздух, попавший опять на экватор, со временем нагревается – и процесс возобновляется. Сам процесс, как вы, возможно, уже знаете, называется циркуляцией. Это так называемая циркуляционная ячейка Хэдли<sup>2</sup>. В средних широтах находится ячейка Феррела<sup>3</sup>, а у полюсов – полярная ячейка<sup>4</sup>. Именно благодаря этим циркуляционным ячейкам на экваторе не так жарко, а на полюсах не так холодно.

Усложним. Земля вращается вокруг своей оси, совершая

---

<sup>2</sup> Ячейка Хэдли (или ячейка Гадлея) – элемент циркуляции земной атмосферы, наблюдаемый в тропических широтах. Характеризуется восходящим движением у экватора, направленными к полюсам потоками на высоте 10–15 км, нисходящими движениями в субтропиках и потоками по направлению к экватору у поверхности. Эта циркуляция определяет погоду и климат в тропиках.

<sup>3</sup> Ячейка Феррела – элемент циркуляции земной атмосферы в умеренном поясе. Находится примерно между 30 и 65 градусами северной широты и 30 и 65 градусами южной широты, ограничена субтропическим хребтом с экваториальной стороны и полярным фронтом – с полярной. Считается второстепенным циркуляционным элементом и полностью зависит от ячейки Хэдли и полярной ячейки.

<sup>4</sup> Полярная ячейка – элемент циркуляции земной атмосферы в приполярных районах Земли, имеет вид приповерхностного вихря, который закручивается на запад, выходя из полюсов; и высотного вихря, закручивающегося к востоку.

один оборот за 24 часа. Это вращение создает силу Кориолиса, которое отклоняет ветры при их движении на север или юг вправо или влево – в зависимости от полушария. У поверхности сочетание глобальных циркуляционных ячеек и силы Кориолиса порождает так называемые пассаты. В районе экватора и тропиков в Северном полушарии они дуют с востока на запад (поэтому ураганы начинаются на западе Африки и движутся на запад же – к США и Карибскому морю). В средних широтах Северного полушария направление пассатов западное: они дуют в Европу через северную часть Атлантического океана. Эти доминирующие ветры порой препровождают ураганы с восточного побережья США на восток в океан. Это обстоятельство – главная причина того, что в Великобритании ветер дует в основном с юго-запада.

Каждый раз, когда вы слушаете прогноз погоды или самостоятельно смотрите на карту ветров, вы можете определить, в каком направлении дует ветер, посмотрев на отмеченные на карте области высокого и низкого давления. Мы уже объясняли, что ветер дует из области высокого давления в область низкого, но тут в игру вступает и сила Кориолиса: ветер не движется по прямой, а закручивается вокруг этих областей высокого и низкого давления: по часовой стрелке в первом случае и против часовой – во втором.

## Семейство струйных течений

Если у поверхности при встрече двух циркуляционных ячеек образуются пассаты, в верхних слоях атмосферы на этих границах дуют другие типы ветров – струйные течения. По сути это узкая полоска сильных ветров, которые могут начинаться, заканчиваться или разделяться, струясь в атмосфере вокруг земного шара. Существует два основных струйных течения: субтропическое, которое находится между ячейками Хэдли и Феррела, и полярное – между ячейкой Феррела и полярной ячейкой. Последнее движется довольно хаотично, но в целом направлено с запада на восток в зональном (прямо с запада на восток) или в меридиональном направлении (отклоняясь в сторону оси север – юг). Скорость струйных течений может быть различной, но обычно воздух движется со скоростью от 18 до 75 м/с. Высота струйных течений в атмосфере – 7–12 км, а ширина – всего 100 км. Метеорологи особенно интересуются струйными течениями, поскольку по ним проходит граница между теплым и холодным воздухом, а смена их скорости и направления непосредственно влияет на погоду у поверхности. Полярное струйное течение наиболее важно для живущих в умеренных широтах. Оно вызывается температурными различиями между холодным воздухом у полюсов и теплым воздухом в субтропиках. Течение наиболее выражено зимой по всей Се-

верной Америке, Атлантике и Северной Европе. По мере того как Полярная струя петляет и меняет форму, она может приводить к переменным погодным условиям в Великобритании день ото дня, неделя за неделей. Это один из первых факторов, который анализируем мы, метеорологи. Если полярное струйное течение проходит к северу от Великобритании, воздух обычно теплее среднего, поскольку он приходит из субтропиков. Если оно проходит к югу от острова, то воздух может быть холоднее, поскольку ветры дуют с севера, из Арктики. Когда струйное течение проходит близко к Великобритании и Северной Европе, шансы на влажную и ветреную погоду значительно выше.

Воздействие субтропического струйного течения не так очевидно, как воздействие полярного, поскольку разница температур между субтропиками и тропиками не так велика. Субтропическое струйное течение тоже неравномерно в течение года: зимой оно сильнее, а летом практически отсутствует. Хотя это течение не так сильно влияет на погоду, как полярное струйное течение, с ним связано явление индийских муссонов<sup>5</sup>.

Еще одно важное течение – африканское восточное струйное течение. Оно несколько отличается от двух основных, поскольку располагается ниже в атмосфере – на высоте примерно 3 км. В отличие от полярного и субтропического

---

<sup>5</sup> Муссоны – ветры, идущие из тропиков к экватору (летом дуют с океана, зимой – с материка)

струйных течений, африканское направлено с востока на запад: оно начинается в Восточной Африке и дует через весь континент в сторону Атлантического океана. Оно вызывается разностью температур между раскаленной пустыней Сахарой на севере и более холодными водами Гвинейского залива. Сильнее всего африканское восточное струйное течение поздним летом и ранней осенью, когда распространяется от Эфиопии до Гамбии. Хотя максимальная скорость ветров африканского восточного струйного течения составляет всего 11–13 м/с, оно играет важную роль в зарождении тропических штормов и ураганов над Атлантикой.

## **Местные ветры**

Горы могут интересным образом влиять на образование и распространение ветров. Такие крупные объекты отклоняют направление ветров – те распространяются либо вокруг гор, либо над их вершинами. В этом случае воздух направляется туда, куда не собирался: изменяются его давление, влажность, температура, а иногда и сила потока.

Один из местных ветров с официальным названием в Великобритании – хелм<sup>6</sup>, который дует над Пеннинскими горами на севере Англии. Когда воздух стабилен, вертикального движения практически нет. Дело в том, что верхние слои

---

<sup>6</sup> Хелм (Helm Wind) – сильный северо-восточный ветер, единственный, у которого на Британских островах есть название.

воздуха не пускают ветер выше, служа своеобразной крышкой. Если этот верхний слой находится в 300 метрах от вершины горы, восходящие потоки воздуха сжимаются и приобретают ускорение, так что когда ветер спускается с другой стороны гор, он становится сильнее. В Камбрии, когда ветер дует с северо-востока, этот эффект наблюдается на высшей точке Пеннинских гор – горе Кросс-Фелл. В результате на ее юго-западном склоне образуется сильный ветер хелм. Проходя над вершиной Кросс-Фелла, воздух создает волновые потоки, в итоге образуется большое облако. Это облако тоже известно как хелм – оно существует постоянно, это темная, угрожающего вида туча, которая сползает с вершины Кросс-Фелла.

## Эффект фёна

Эффект фёна<sup>7</sup> может приводить к созданию совершенно различных погодных условий по обе стороны горного хребта. Этот эффект можно наблюдать в самых разных уголках земного шара, но в Великобритании он заметнее всего над горами Шотландии и Уэльса. Воздух с Атлантики, теплый и влажный, попадает в гористую местность. В это время температура воздуха может достигать приблизительно 10 °C. Воздух поднимается вверх по горам, охлаждается, образует тя-

---

<sup>7</sup> Фён – сильный, порывистый, теплый и сухой местный ветер, который встречается с подветренной стороны горного хребта.

желые тучи, которые могут пролиться дождем. Когда воздух доходит до вершины горы и спускается по склону с обратной стороны, он становится более сухим и теплым. Это происходит потому, что насыщенный влагой воздух, поднимаясь и опускаясь в атмосфере, ведет себя не так, как сухой. Вот почему с подветренной стороны горы в небе не так облачно и температура достигает 18 °C, а с другой стороны погода совершенно иная.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.