

САЙМОН КИНГ

КЛЭР НАСИР

ЧЕМ ПАХНЕТ ДОЖДЬ?

ясные ответы
на туманные вопросы
о климате и погоде

 **БОМБОРА**
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва 2022

Саймон

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

Клэр

*Моему лучшему критику Сиенне
и моему невероятному мужу Крису*

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
СОЛНЦЕ	13
СТИХИИ	37
ОБЛАКА	79
ОБЩАЯ КАРТИНА АТМОСФЕРЫ	99
ЦИКЛОНЫ, УРАГАНЫ И ТОРНАДО	147
ПОГОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	177
ПОГОДА, КОСМОС И ВЛИЯНИЕ ПЛАНЕТ	209
ПОГОДА И ТЕХНОЛОГИИ	231
ПОГОДА И ВОЙНА	251
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА	265
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	299

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 неременной 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

ЧЕМ ПАХНЕТ ДОЖДЬ?

1987 года прошлась 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

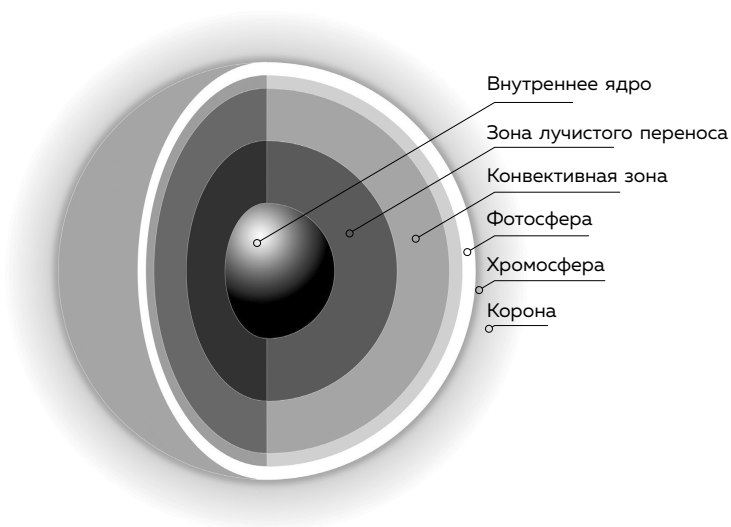
СОЛНЦЕ

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



Зоны Солнца

СОЛНЦЕ

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 топливе. Вдали от раскаленного ядра температура Солнца охлаждается с 15 млн °С до всего лишь двух миллионов — этого недостаточно для запуска процесса ядерного синтеза. А поверхность Солнца, откуда и исходит видимый свет звезды, еще прохладнее: 5500 °С. Однако внешние слои солнечной атмосферы снова оказываются намного горячее: температура опять достигает 2 млн °С.

Структура Солнца

Ядро: гравитационное притяжение в ядре приводит к огромному давлению и температуре до 15 млн °С. 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 °С.

Конвективная зона: ее температура составляет около 2 млн °С, 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 °С. 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 °С.
- **Солнечная корона** — самый горячий слой атмосферы, здесь в 300 раз жарче, чем в фотосфере: до 2 млн °С. 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 свежеснеженного снега 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, попадающий на Землю, либо отражает-

ЧЕМ ПАХНЕТ ДОЖДЬ?

ся, 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 почву, 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 °С: 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

СОЛНЦЕ

длятся 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 увеличивается 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

ЧЕМ ПАХНЕТ ДОЖДЬ?

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.