

Ночные фото и ИК-изображения (вулкан Авача)

В.А. Дроздин

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: dva@kscnet.ru

Цифровая фотография изменяет отношение к фотографии, как дубль видимого изображения, и становится инструментом измерения потоков излучения, отражения и поглощения энергии.

На фотографии (рис. 1), полученной А.В. Сокоренко ночью 12.02.2020 г. камерой Nikon D800, изображено место западной фумаролы на кратере вулкана Авача. Фотография выполнялась с выдержкой 20 сек. Красноватым шлейфом видна активность фумаролы.



Рис. 1. Фрагмент фото А.В. Сокоренко.

Такого цвета днем не могло быть, а ночью шлейф почти не виден.

Тепловизор – это прибор для измерения температуры некоторой поверхности на расстоянии, без контакта с ней, дистанционно. Ранее для дистанционного измерения высоких температур применялись оптические пирометры (ОПИР, Проминь и т.д.); сейчас используются приборы, которые измеряют энергию излучения в инфракрасном диапазоне, которые точнее и для всех (естественных для человека) температур. Так, например, в тепловизоре (тоже оптическом приборе) FLIR ThermoCam™ P640 измеряется энергия, поступающая в диапазоне 8-14 μm (8000-14000 нм). Температура пересчитывается (прибором) по формуле Планка. Принцип: устройство создано на свойстве излучения – в этом диапазоне излучение практически не поглощается, является прозрачным. Выделение диапазона позволяет регистрировать не всю энергию излучения, а только часть излучения. Вся другая часть энергии является помехой – фоном, шумом.

Поясню ситуацию на примере: как оптический прибор, глаз видит источник – горящую спичку, если мы её наблюдаем в темноте (ночью) или при дневном свете. Энергия излучения спички одинакова в обоих экспериментах. Этот эксперимент также поясняет, как зависит видение (регистрация) от расстояния до объекта.

Цифровой фотоаппарат будем рассматривать как оптический прибор регистрирующий энергию излучения в своём диапазоне излучения.

Типичная чувствительность человека к воспринимаемым цветам показана на (рис. 2) в виде кривой белой линии. Большой холм в центре кривой показывает, что люди видят зеленый и желтый цвета лучше, чем синий и красный. Чем выше белая

линия на определенном цвете графика, тем более чувствителен человеческий глаз к этому цвету. Видите на графике, что высота линии на синем и красном цвете намного ниже, чем на зеленом. Это показывает, что человеческий глаз не слишком чувствителен к восприятию синего или красного цветов.

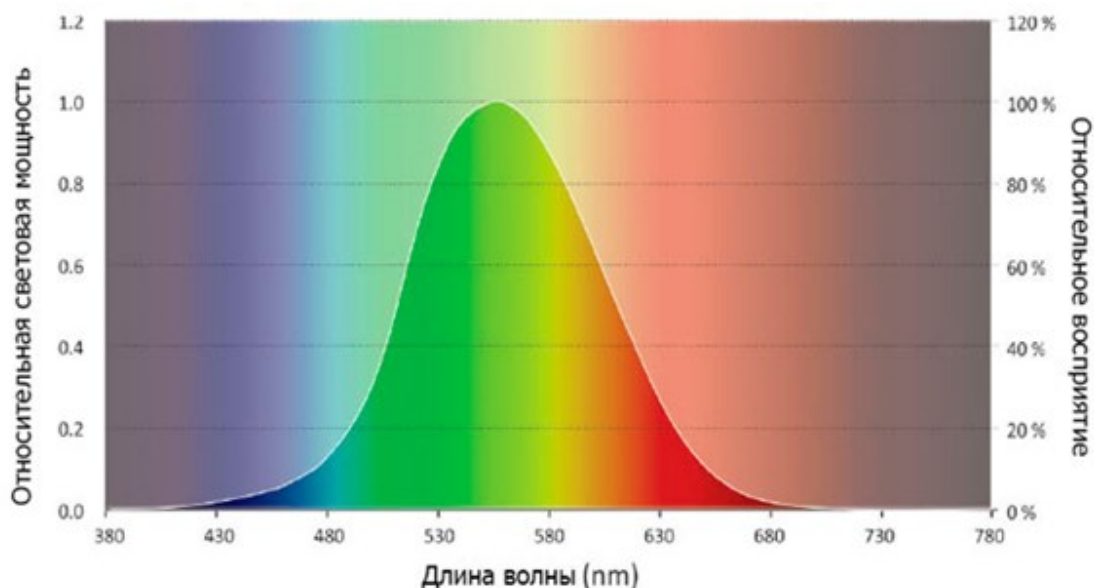


Рис. 2. Спектр восприятия человеческого глаза (<https://blog.microel.info/HJM0Xflnr>).

Регистрируемый инфракрасный диапазон 8000-14000 нм существенно правее, чем, как видно на (рис. 3), спектры матрицы CCD (Charge-Coupled Device – технология считывания данных на основе датчиков ПЗС (прибор с зарядовой связью), используемые для матриц цифровых фотоаппаратов).

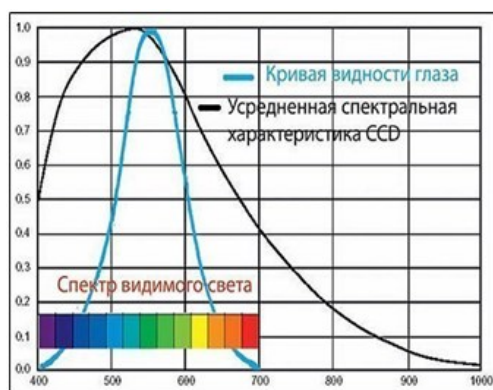


Рис. 3. Спектры видности глаза и сенсора CCD (https://www.aktivsb.ru/statii/kachestvo_izobrazheniya_eto_ne_tolko_razreshenie.html).

На практике оказалось, что чувствительность датчиков матрицы достаточна для регистрации энергии источника.

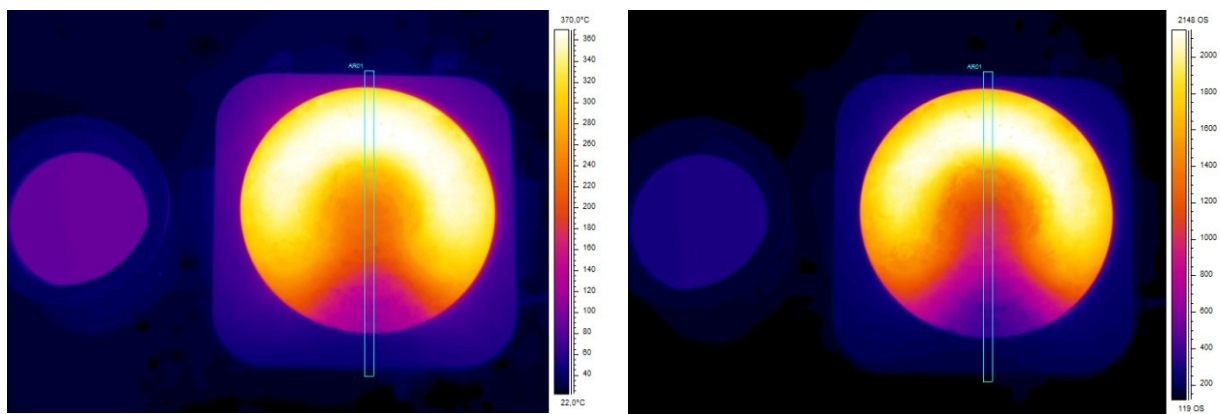


Рис. 4. ИК-изображение источника АЧТ (слева) с температурой 100 °С и плитки (справа) при температуре меньше 400 °С. Прямоугольником обозначена область для построения графика температуры.

Эксперимент получения серии фотографирования и измерения тепловизором поверхности объекта – электрической плитки – был выполнен в тёмной комнате. На (рис. 4) представлено ИК-изображение источника АЧТ (слева) с температурой 100 °С и плитки (справа) при температуре, которая не достигала 400 °С, чтобы не светилась. Рисунки показаны в значениях температуры слева (от 22 °С до 370 °С) и в значении энергии (от 119 OS до 2148 OS). ИК-изображение похоже на вид электроплитки, если бы она была перегрета и раскалилась.

Для графика (рис. 5) выбирается максимальная температура в строке прямоугольника в пикселах ИК-изображения. От верха вниз строка показана на абсциссе (рис. 5) в пикселах. Прямоугольник был скопирован в Photoshop. Для точек полоски, сообразных длине (рис. 5), были записаны значения RGB, показанные на том же рисунке.

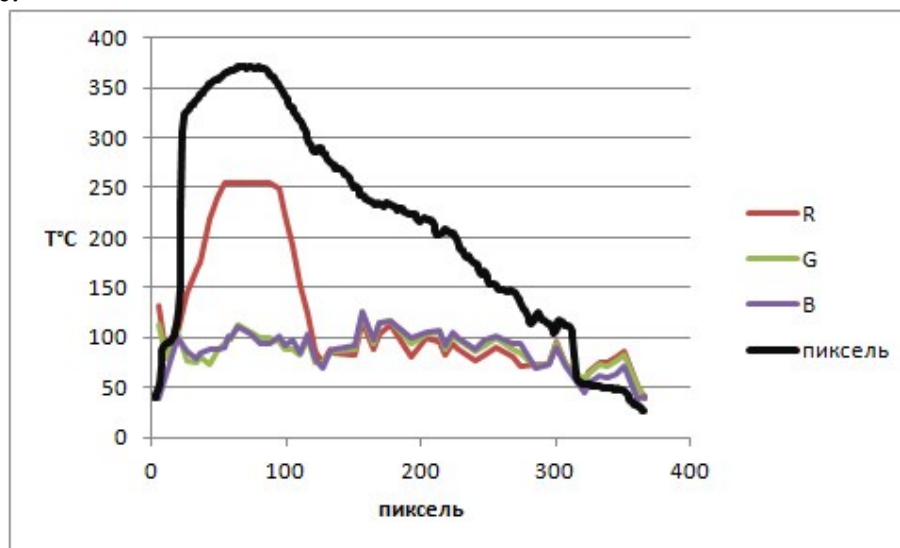


Рис. 5. График максимальной температуры в прямоугольнике и значения RGB.

Существенно, что значение R максимальное 256 на (рис. 5), указывает на фотографию, что «передержана». Исходные фотографии в Photoshop надо было показывать, используя опцию «яркость-контраст». В серии фотографий эксперимента есть фотографии при включении света в комнате. Они светлые и видна краснота.

Цветовая температура – это температура абсолютно чёрного тела, при которой оно испускает излучение того же цветового тона, что и рассматриваемое излучение, измеряется в градусах Кельвина или «оттенки» света, излучаемого источником (рис. 6).

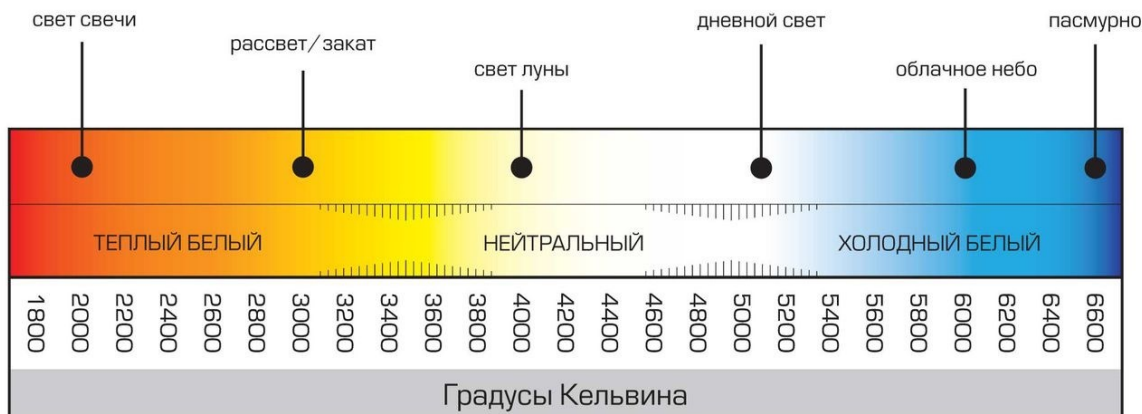


Рис. 6. Температура излучения различных источников (<http://www.altie.ru/articles/351-tsvetovaya-temperatura-svetodiodnih-lamp-i-svetilnikov.html>).

Глаз как оптический прибор более сложный, чем фотоаппарат [1]. Изображение человек мозгами воспринимает как голограмму.

Обмен энергией излучения – это процесс, зависящий от спектров источника, приёмника и среды. Среда не только поглощает энергию в каком-то диапазоне и отражает в другом диапазоне. Излучение представляется как луч и может отразить. В процессе обмена энергий излучений разнообразие украшается отражением.

Аномалия на (рис. 1) представляется как возникшая в шлейфе пара западной фумаролы из-за не столько от температуры пара, а из-за отражения от пара излучения самой фумаролы.

Обсуждение

ИВиС ДВО РАН – многопрофильная организация, качественно и численно описывает природные процессы для их понимания. При извержении вулкана, особенно катастрофическом, говорят про масштаб разноса вещества: лав, пирокластики, и меньше говорят о газе.

С первым сложным прибором **дистанционного измерения** – поляризационным микроскопом (петрография) – я познакомился в Институте вулканологии.

Методов измерения состава, количества газа непосредственно до и во время извержения нет, имеется только несколько способов оценки, которых явно недостаточно. Хотелось бы о газе знать больше... для этого в ДЗЗ привлекаются спектры излучения.

Выполненное исследование позволило задать вопрос о газе: эффективнее ли ночные измерения при использовании оптических спектральных портативных приборов?

Автор выражает искреннюю благодарность ст. инженеру ИВиС ДВО РАН А.В. Сокоренко за активное содействие в работе.

Список литературы

1. *Хазен А.М.* Парадоксы зрения человека и их устранение с помощью законов физики. // Наука и жизнь. 2004. № 9. С. 44-62.