

## Принимаем изображения от метеоспутников с RTL-SDR

5 июня 2019

Ни для кого не секрет, что на земной орбите находятся тысячи искусственных спутников. Поскольку оптоволокну на орбиту не протянешь, обмен информацией со спутниками происходит при помощи радиоволн. А значит, используя правильное оборудование, эту информацию может принять кто угодно. В чем мы сегодня и убедимся.

Принимать будем изображения от следующих метеоспутников:

- NOAA 15, NOAA 18 и NOAA 19 — передают изображения на частотах 137.62, 137.9125 и 137.1 МГц соответственно в режиме APT;
- Метеор М2 — передает изображение на частоте 137.9 МГц в LRPT;

**Дополнение:** 5 июля 2019 был запущен новый спутник Метеор М2-2. К сожалению, вскоре после запуска он перестал передавать изображения. Подробности можно найти [здесь](#) и [здесь](#).

Для приема воспользуемся RTL-SDR v3, а также RTL-SDR Blog Multipurpose Antenna, которая уже знакома нам по [заметке об APRS](#). Антенну использовать не обязательно именно эту. В принципе, подойдет любой диполь с длиной плеча около 54 см:



Эксперимент я проводил за городом. Антенна была поднята на высоту около 7 метров при помощи удочки. Это обеспечивает антенне чистый горизонт, поскольку рядом находятся соседские дома. Если вы будете повторять эксперимент в чистом поле, поднимать антенну так высоко не потребуетс — достаточно будет закрепить ее на высоте человеческого роста.

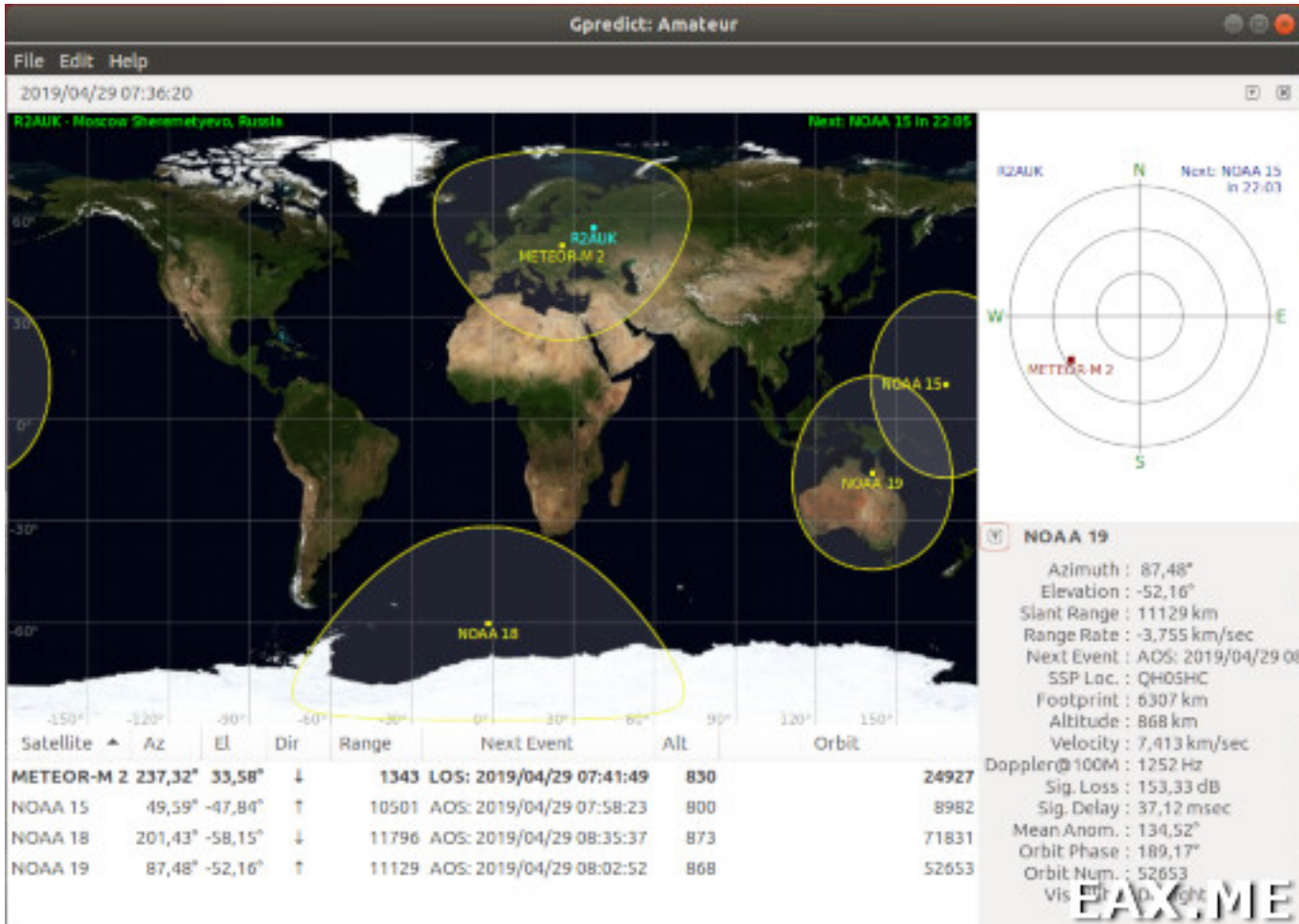
На фотографии камера смотрит на юг, соответственно плечи антенны указывают на запад и восток, а наибольшее усиление она дает по направлению на север и юг. Это важно, поскольку спутники будут пролетать над нами либо с севера на юг, либо с юга на север. Как вариант, плечи антенны можно слегка подогнуть, где-то под 120 градусов. В таком варианте антенна будет иметь меньшее усиление, но будет больше похожа на всенаправленную. Спутники обычно пролетают чуть восточнее или западнее, а не строго над нами, поэтому такой вариант антенны имеет свои плюсы.

Вообще, диполь является не лучшей антенной для метеоспутников. Причина заключается в том, что сигнал от спутников имеет круговую поляризацию (RHCP), а поляризация нашей антенны — горизонтальная. Сигнал она все равно примет, но с аттенуацией в 3 dB. Более подходящим вариантом была бы турникетная (turnstile antenna) или квадрилилярная спиральная антенна (quadriilar helical antenna, QFH). К сожалению, последние довольно недешевы. Например, готовая QFH антенна Diamond DP-KE137 обойдется вам примерно в 300\$. Если же вы захотите изготовить такую антенну самостоятельно, вам придется приложить немалые усилия для того, чтобы она действительно имела круговую поляризацию, а не эллиптическую. Кроме того, в отличие от горизонтально поляризованного диполя, такая антенна будет сильнее собирать создаваемый человеком шум, обычно имеющий вертикальную поляризацию.

Таким образом, сил на изготовление антенны вы приложите существенно больше, а отношение сигнал-шум (SNR) улучшится где-то на 1 dB, максимум на 2 dB. Учитывая, что во время прохода метеоспутника SNR составляет что-то порядка 40 dB, этот выигрыш несуществен. По этим соображениям был использован обычный диполь. Данная мысль более подробно изложена в статье [DIY 137 MHz APT Weather satellite antenna – Or, do we need a circular polarization? \[PDF\]](#) хорватского радиолобителя Adam Aličajić, 9A4QV.

**Fun fact!** При желании 120-и градусную держалку для антенны RTL-SDR Blog Multipurpose Antenna можно [напечатать на 3D-принтере](#). Соответствующая модель доступна на [Thingiverse](#). Там же можно найти каркасы для QFH-антенн, например, [раз](#) и [два](#).

Чтобы определить, когда над нами будут пролетать интересные спутники, воспользуемся программой [Gpredict](#) за авторством радиолобителя [Alexandru Csate](#), OZ9AEC:



В программе можно посмотреть будущие проходы спутников где-то на двое суток вперед. Нас интересуют проходы с элевацией больше 30° (столбец Max El). Если угол меньше, значит спутник будет пролетать где-то вдоль горизонта, а хорошего сигнала от него ожидать не приходится. Проход с элевацией 30-60° — это нормальный проход, с которым можно работать. Соответственно, 60-90° означают максимальное качество сигнала, но за день такие проходы случаются всего пару раз на все четыре спутника. Отмечу также, что наилучшие снимки получаются днем в ясную солнечную погоду. Облака и грозовые разряды не способствуют прохождению радиосигнала. А если вы его и примите, то на изображении увидите только серые облака. Ночью же на снимках просто ничего не будет видно.

Для декодирования APT и LRPT было решено воспользоваться открытыми программами [хххарт](#) и [glrpt](#), написанные радиолобителем Neoklis, 5B4AZ. [На его сайте](#) программы можно найти в разделах Weather Imaging → APT Image Decoders и Weather Imaging → Meteor-MLRPT Receiver. Для сборки [хххарт](#) и [glrpt](#) в Ubuntu Linux понадобятся следующие пакеты:

```
sudo apt install make libgtk-3-dev librtlsdr-dev \
libsoapsdr-dev libasound2-dev
```

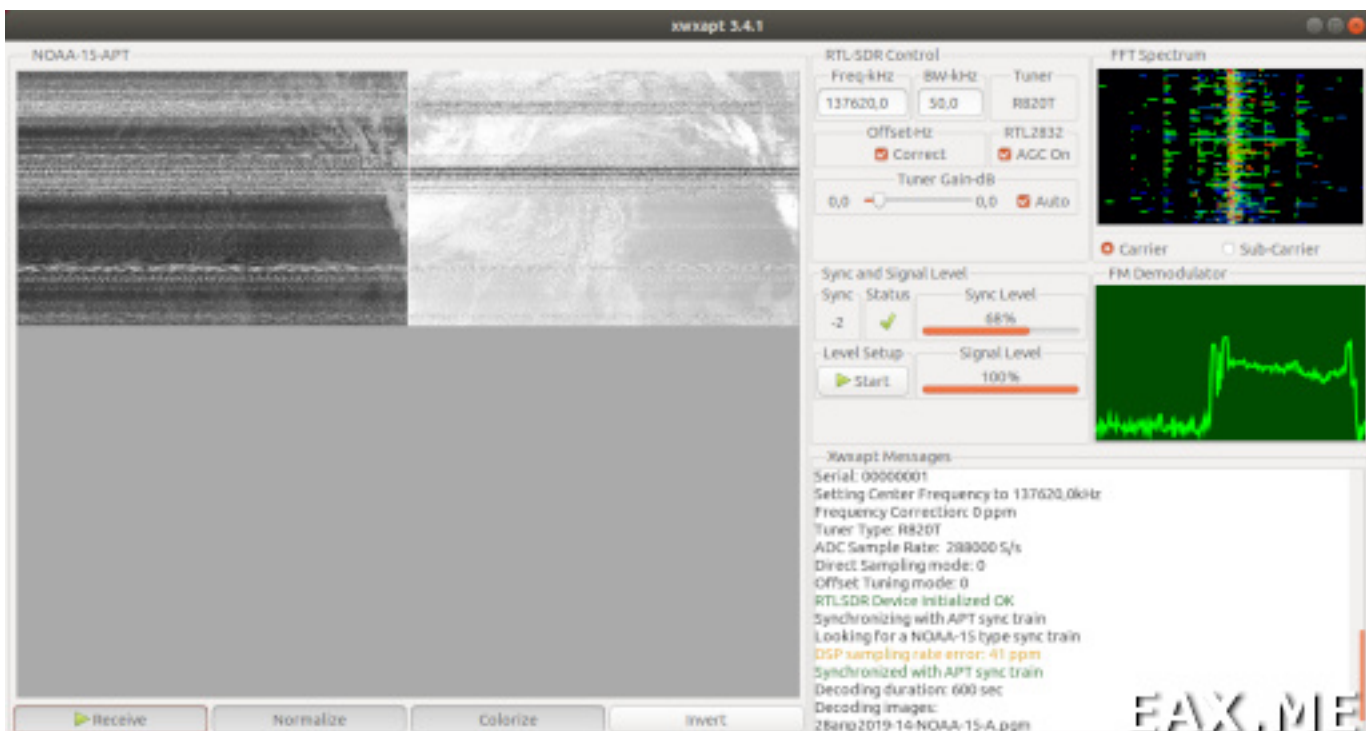
Также пришлось удалить один пакет, поскольку с ним [glrpt](#) почему-то никак не мог найти RTL-SDR:

```
sudo apt-get remove soapsdr0.6-module-audio
```

Далее сборка и установка программ происходит [как обычно](#):

```
./configure && make && sudo make install
```

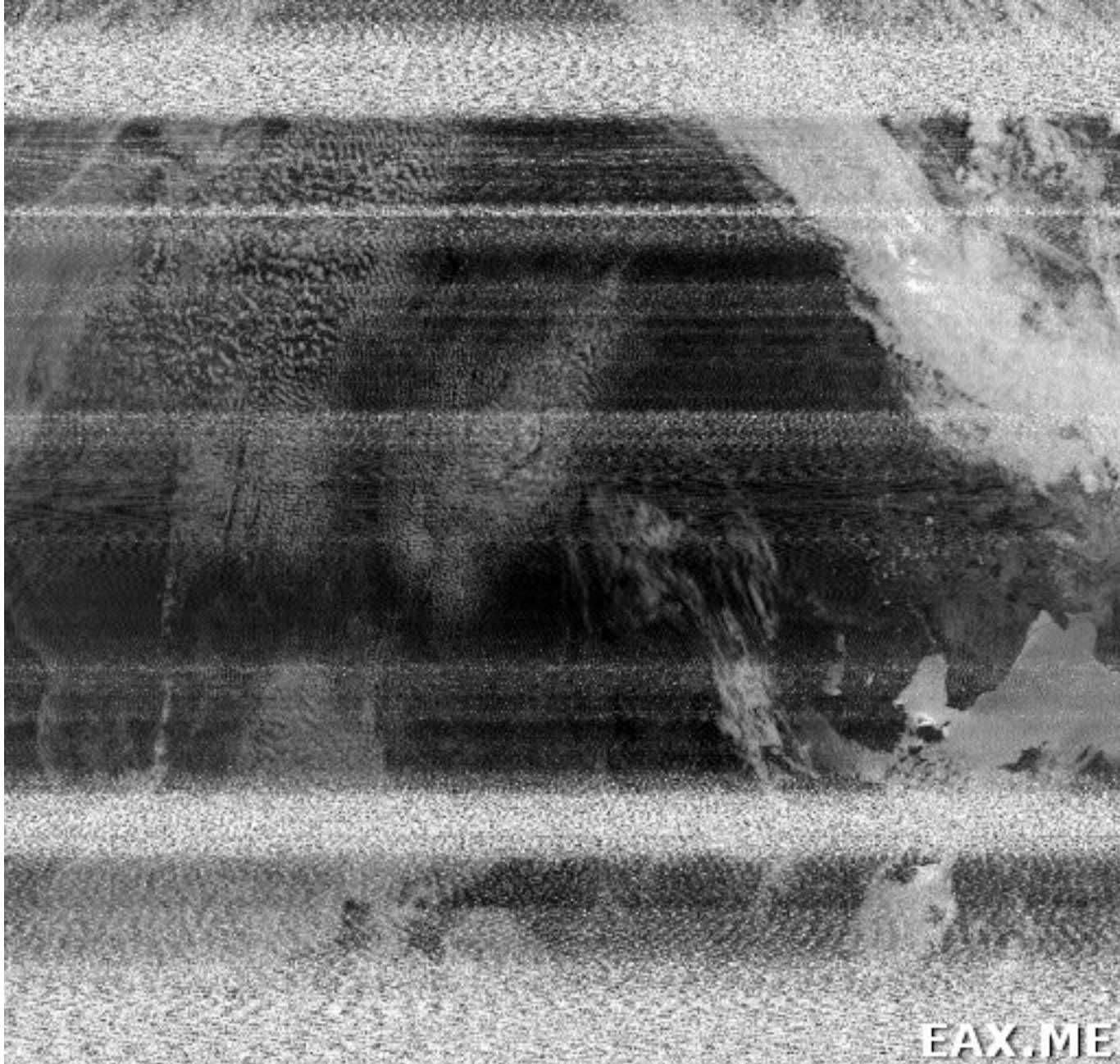
У [хххарт](#) и [glrpt](#) похожий интерфейс. Так к примеру выглядит [хххарт](#) в процессе получения изображения от NOAA 15:



Секрет успешного использования обеих программ заключается в том, что половина действий спрятана в контекстном меню, которое появляется по клику правой кнопкой мыши по месту вывода изображения. Кроме того:

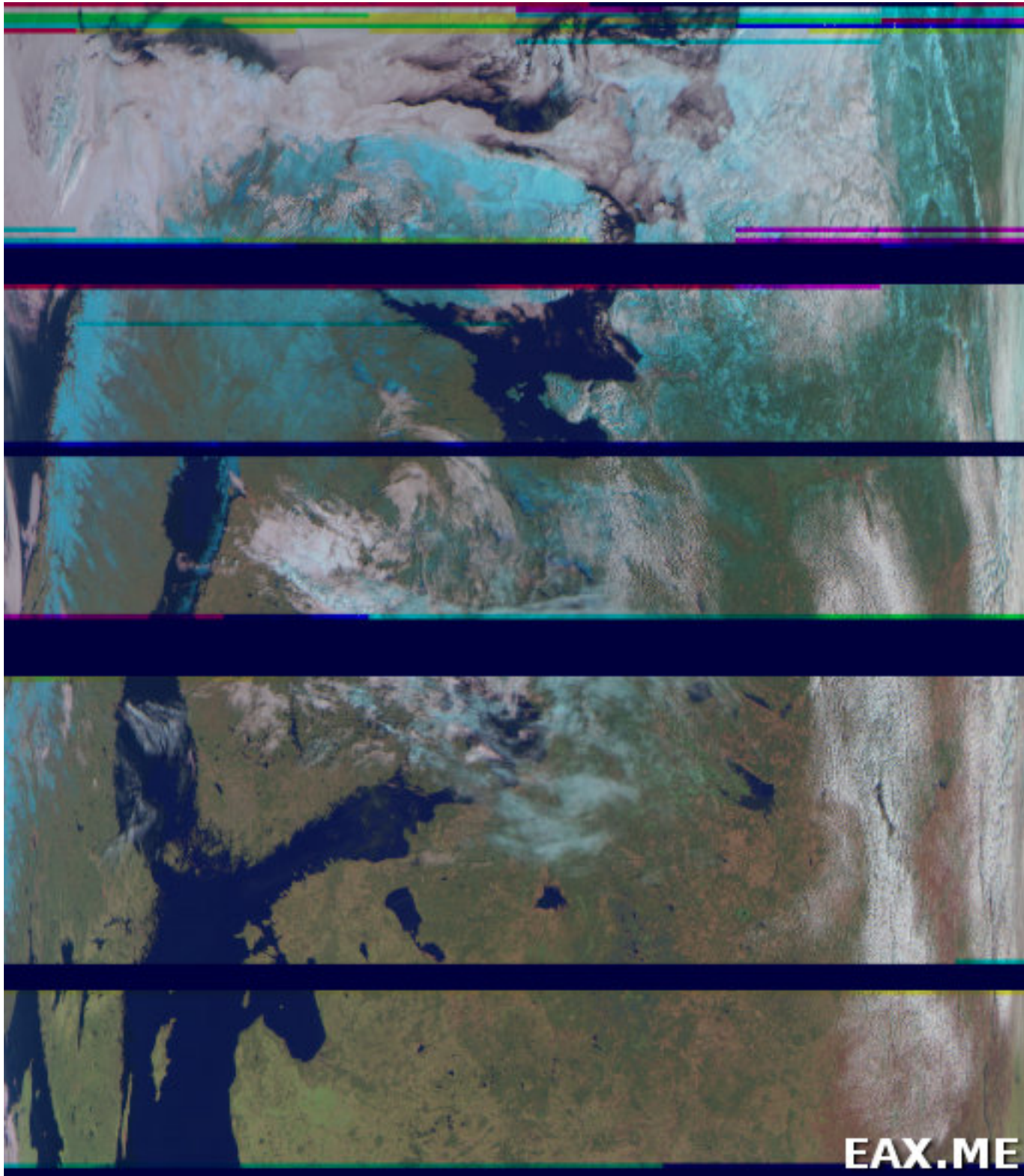
- В [хххарт](#) всегда ставьте галочку Offset-Hz → Correct. Эта опция компенсирует сдвиг частоты принимаемого сигнала, возникающий из-за [эффекта Допплера](#);
- При использовании [glrpt](#) всегда включайте AGC. По умолчанию автоматическая регулировка усиления выключена, и без нее вы имеете отличные шансы не принять изображение;

Типичное изображение от спутников NOAA выглядит как-то так (кликабельно, PNG 749x714, 466 Кб):



Программа [хххарт](#) умеет их как-то умно раскрашивать. Однако результат обычно оставляет желать лучшего, поэтому здесь приведено черно-белое изображение.

Типичное изображение от Метеор М2 (кликабельно, JPG 1568x1800, 762 Кб):



Изображения от этого спутника более красочны, имеют большее разрешение и заметно более устойчивы к помехам. Что в очередной раз [показывает неоспоримые преимущества цифровых режимов связи \(LRPT\) перед аналоговыми \(APT\)](#).

Конечно, качество принятых изображений далеко от идеала. Если серьезно задаться целью повысить их качество, то можно провести много увлекательных часов, экспериментируя с антеннами, фильтрами и усилителями (например, [SAWbird+](#) NOAA от Nooelec). А когда это наскучит, то можно взяться за написание своих декодеров APT и LRPT. А затем [написать бота](#), автоматизирующего переключение частот / декодеров, и просто выкладывающего принятые изображения в Twitter. Конечно, делать он это будет только в том случае, если специально обученная нейронная сеть скажет, что картинка вышла удачной. В общем, тут огромный простор для обучения и самореализации.

**Дополнение:** Вас также могут заинтересовать статьи [Используем спутники для проведения QSO на УКВ](#), [Принимаем SSTV от МКК при помощи WebSDR](#) и [Примем спутников Inmarsat при помощи RTL-SDR](#).

**Метки:** [SDR](#), [Антенны](#), [Беспроводная связь](#).

Вы можете прислать свой комментарий на почту, или воспользоваться комментариями в [Telegram-группе](#).

## Коротко о себе

Меня зовут Александр, позывной любительского радио R2AUK. Здесь я пишу об интересующих меня вещах и временами — просто о жизни.

Вы можете следить за обновлениями блога с помощью [RSS](#) и [Telegram](#). Также я являюсь одним из ведущих подкаста [DevZen](#) и выкладываю видео на [YouTube](#).

Мой e-mail — [afiskon@gmail.com](mailto:afiskon@gmail.com). Если вы хотите мне написать, прошу предварительно ознакомиться с [FAQ](#).

Поиск

## Основные рубрики

3D печать

Антенны

Беспроводная связь

C/C++

Linux

PostgreSQL

Python

STM32

СУБД

Электроника