

Краткое руководство по  
работе с программой  
SpectrumLab в приложении к  
радиометеорным  
наблюдениям  
(основные настройки)

Это краткое руководство я написал по просьбам своих коллег-радиометеорщиков, которые только начали своё знакомство с программой SpectrumLab. Программа это имеет очень гибкую систему настроек, что с одной стороны делает её мощнейшим инструментом для детектирования радиометеоров, однако с другой стороны затрудняет её быстрое освоение. В этом руководстве я кратко коснулся основных моментов и настроек программы, которые в первые моменты работы с программой могут вызвать затруднение. Надеюсь, что это руководство послужит хорошей начальной базой в освоении этой поистине мощной программы.

Это руководство будет включено и расширено в «фолиант» по радионаблюдениям метеоров любителями астрономии, который в настоящее время я дописываю.

13.09.2008

(с) Виталий Мечинский (aka Lupus), Минск, Беларусь.  
Минская группа любителей астрономии “Infinity”, отдел радионаблюдений SPLI.

Контакты: [Lupus@belastro.net](mailto:Lupus@belastro.net)

Для начала рассмотрим немного теории FFT\_анализа, без которой многие моменты работы программы и её настройки будут малопонятны.

### **Быстрое преобразование Фурье**

Рассмотрим основные моменты представления аналоговых сигналов в цифровой форме и построение их спектров. Преобразование аналогового сигнала  $x(t)$  в цифровую форму (последовательность битов) осуществляется в два этапа: *дискретизация по времени* и *квантование по уровню*. Дискретизация по времени (или дискретизация) представляет собой процедуру взятия мгновенных значений сигнала  $x(t)$  через равные промежутки времени  $T$ . Мгновенные значения  $x(nT)$  называются *выборками*, или *отсчётами*, время  $T$  – *периодом дискретизации*,  $n$  указывает порядковый номер отсчёта. Ясно, что чем чаще брать отсчёты, то есть чем меньше период дискретизации  $T$ , тем точнее последовательность отсчётов  $x(nT)$  будет отображать исходный сигнал  $x(t)$ . Период дискретизации  $T$  определяет частоту дискретизации:

$$f_m = 1/T$$

Откуда, чем меньше  $T$ , тем выше  $f_m$ . С другой стороны, чем выше частота дискретизации, тем труднее процессору ПК выполнять большое количество операций над отсчётами в темпе их поступления на переработку и тем сложнее должно быть его устройство.

Таким образом, точность представления сигнала требует увеличивать  $f_m$ , а стремление сделать вычислитель как можно более простым приводит к желанию понизить  $f_m$ . Однако существует ограничение на минимальное значение  $f_m$  для полного восстановления непрерывного сигнала по его отсчётам  $x(nT)$ . Для этого необходимо и достаточно, чтобы частота дискретизации  $f_d$  была, как минимум, в два раза больше наивысшей частоты  $f_v$  в спектре передаваемого сигнала  $x(f)$  (теорема Уиттакера-Найквиста-Котельникова-Шеннона).

Квантование отсчётов по уровням производится с целью формирования последовательности чисел: весь диапазон изменения величины отсчётов разбивается на некоторое количество дискретных уровней, и каждому отсчёту по определённому правилу присваивается значение одного из двух ближайших уровней квантования, между которыми оказывается данный отсчёт. В результате получается последовательность чисел  $x(nT) = x(n)$ , представляемых в двоичном коде. Количество уровней определяется *разрядностью*  $b$  АЦП (аналога-цифрового преобразователя); так, если  $b = 3$ , всего можно иметь  $k = 2^b = 2^3 = 8$  уровней квантования, а минимальное и максимальное значения отсчётов равны соответственно 0 (000 в двоичном коде) и 7 (111 в двоичном коде). Ясно, что квантованный отсчёт отличается от выборки  $x(nT)$ . Это отличие выражается ошибкой квантования, которая тем меньше, чем больше  $b$ . В результате оцифровки сигнала мы получаем  $N \cdot b$ -бит отсчётов.

Построение спектра сигнала подразумевает разложение в ряд Фурье. Это преобразование является достаточно сложным и требующим большого количества вычислений. Поэтому при цифровой обработке сигналов преобразование Фурье в чистом виде практически не применяют. Вместо него используют так называемое *Быстрое преобразование Фурье* (БПФ) или *Fast Fourier Transform* (FFT).

FFT работает с комплексными числами и размерами преобразований, представляющими из себя степень двойки (128, ..., 1024, 2048 и так далее). Не стоит, однако, думать, что FFT – это что-то другое, нежели разложение Фурье. Это абсолютно то же самое, просто в сотни раз быстрее. В большинстве современных алгоритмов применяется FFT, поэтому это название прочно закрепилось за всеми алгоритмами, которые раскладывают сигнал на частоты.

Это преобразование переводит  $N$  последовательных значений амплитуды сигнала в  $N/2 + 1$  пар коэффициентов  $\text{Re}[n]$ ,  $\text{Im}[n]$  ( $\text{Re}$  – обозначение действительной части комплексного числа,  $\text{Im}$  – обозначение

мнимой части комплексного числа). Смысл преобразования в том, что если сложить  $N/2 + 1$  функций

$$\text{Re}[n] \cdot \sin(2\pi n t) + \text{Im}[n] \cdot \cos(2\pi n t), \text{ где } n = 0..N/2,$$

то с некоторой степенью точности получится исходная функция –  $N$  значений амплитуды. По формулам приведения можно преобразовать пару коэффициентов – амплитуд  $\sin()$  и  $\cos()$  – в другую, более полезную нам пару – амплитуду перед  $\cos()$  (обозначим её  $A[n]$ ), и фазу этой синусоиды (косинусоиды)  $\text{Ph}[n]$ . Таким образом, можно сказать, что БПФ переводит  $N$  значений амплитуд в  $N/2$  синусоиды (отдельные частоты) с амплитудами  $A[n]$  и фазами  $\text{Ph}[n]$ , плюс ещё нулевая пара коэффициентов – просто константа (косинус нулевой частоты). Если вспомнить, что отсчёты были получены с какой-то частотой дискретизации  $f_m$ , то можно ввести очень важное понятие – частотное разрешение  $dF$ . Это шаг между частотами разложения FFT:

$$dF = f_m/N.$$

В результате преобразования мы получаем разложение сигнала по частотам: 0 (константа);  $f_m/N$ ;  $2f_m/N$  и так далее до  $f_m/2$  (всего  $N/2 + 1$  частот).

Теперь перейдём к свойствам этого преобразования, важным для нас.

Термин «размер преобразования» (FFT size), или просто «размер FFT» обозначает количество точек (отсчётов) исходной функции, с которыми мы работаем. То есть, для размера FFT в 1024 мы должны взять 1024 отсчёта.

Непосредственные свойства преобразования:

1. В реальных приложениях можно считать, что, разложив и сложив обратно сигнал, мы никогда ничего не теряем. Это очень важное свойство.
2. Разрешение по частоте зависит от размера преобразования, и составляет половину от этого размера. При  $\text{FFT} = 512$  мы получаем в результате амплитуды и фазы 256-ти равномерно расположенных частот.

Вообще говоря, перевод сигнала в частотное представление возможен только блоками (окнами). В нашем случае – FFT блоками. Мы делим исходный сигнал на блоки и говорим: в этом блоке имеются такие-то частоты. Вернее, так: его можно получить, сложив такие-то частоты. Это очень важно понимать: FFT раскладывает функцию не на её гармоники, а на свои гармоники.

**Вывод:** строго говоря, нельзя трактовать результат разложения как спектр сигнала. Разложение – это просто данные, применив к которым обратное преобразование, можно получить исходную функцию. Но при достаточно большом частотном разрешении ( $dF$  мало) мы получаем картину, очень близкую к реальному спектру.

(По материалам сайта [http://www.chipnews.ru/html.cgi/arhiv/03\\_05/5.htm](http://www.chipnews.ru/html.cgi/arhiv/03_05/5.htm))

### **Что такое оконная функция в анализе Фурье, какие типы оконных функций существуют?**

**Коротко:** Если вкратце, то смысл таков. Как известно, спектральное разложение проводится не для всего сигнала целиком, а кусками – иначе либо мы имеем точный спектр, но не знаем в какой момент времени какая спектральная составляющая возникла, либо наоборот, режим сигнал на отрезки и в каждом отрезке знаем менее точный спектр, но зато имеем представление о том, когда и какое изменение спектра произошло. Спектральный анализ, в теории, предназначен для анализа непрерывных периодических сигналов. При обрезании сигнала, в спектре появляются несуществовавшие в сигнале высокочастотные составляющие. Чтобы бороться с их появлением и прибегают к использованию т.н. *оконных функций*, изменяющих оригинальный сигнал в каждом анализируемом окне (отрезке).

**Более развернуто:** Анализ спектра опирается на весьма непростой математический аппарат и детально его объяснить без применения математики вряд ли возможно. Имеются различные методы этого анализа. Для работы со звуком наиболее часто применяются методы, основанные на преобразованиях Фурье (ПФ). БПФ – быстрое преобразование Фурье – модифицированный алгоритм, преследующий цель значительно уменьшить количество арифметических операций, выполняемых во время ПФ. При открытии звукового файла в редакторе мы видим волновую форму сигнала – по оси ординат показаны значения отсчетов, а по оси абсцисс – время. При помощи БПФ мы можем перейти к частотной форме: по оси ординат мы будем иметь амплитуду, а по оси абсцисс – частоту. Вычисления производятся для заданного отрезка сигнала. Для вычислений необходимо задать FFT size – так называемый *интервал наблюдения* (длина отрезков, на которые «нарезается» анализируемый сигнал) и *коэффициент перекрытия* (коэффициент наложения анализируемых участков сигнала друг на друга; наиболее употребительные его значения 0,5 и 0,75). Перед выполнением преобразования Фурье интервал наблюдения обрабатывается специальной *оконной функцией* (значения отсчетов в анализируемом окне умножаются на

значения оконной функции). Выбор оконной функции влияет на точность полученного спектра. Названия этих функций мы и видим в установках спектроанализатора: прямоугольная, треугольная, Блэкменна, Хэмминга, Бесселя-Кайзера и т. д. Самая простая – прямоугольная. Все её значения равны 1. Значения треугольной функции для  $n=6$  следующие:  $p(0)=0$ ,  $p(1)=1/3$ ,  $p(2)=2/3$ ,  $p(3)=1$ ,  $p(4)=2/3$ ,  $p(5)=1/3$ . Если интервал наблюдения равен 1024, то, соответственно, мы должны брать и оконную функцию для 1024 точек. Другие функции определяются довольно сложными математическими формулами. Выбор наиболее предпочтительной оконной функции требует детального анализа сигнала и в случае обработки звука в основном не требуется. Общеупотребительные оконные функции для этих целей – Блэкменна, Хэмминга и Ханна. В конечном счете выбор зависит от поставленной задачи. Если, например, предполагается, что в спектре имеется некоторый тон с большой амплитудой, частоту которого нужно определить, то можно просто сравнить результаты применения разных оконных функций. Острота пика этого тона будет разной и это может помочь более точному определению частоты.

Увеличение интервала наблюдения увеличивает точность и время вычислений. При определении спектра сигнала интервал наблюдений «скользит» от начала промежутка к концу с заданным коэффициентом перекрытия. Если он равен 0,5, а длина интервала наблюдений равна 1024, то в следующем его положении будет 512 «старых» точек и 512 новых.

(По материалам сайта [http://sound-editor.blogspot.com/2008/01/blog-post\\_8377.html](http://sound-editor.blogspot.com/2008/01/blog-post_8377.html))

## Программа SpectrumLab

Среди программ для радионаблюдения метеоров с использованием звуковой карты ПК, программа **SpectrumLab** занимает особое место. К настоящему времени я не встретил более функциональной программы в своём классе.

Вообще-то эта программа не является специализированной для радиометеорных наблюдений – она является универсальным средством для записи и анализа поступающего на вход звуковой карты сигнала, специализируясь на потребности радиолюбителей. Кроме работы со звуковой картой, в последних версиях (на август 2008 г.) программа может анализировать звуковой поток, поступающий на COM-порт (через АЦП), поступающий по Ethernet-сетям (по протоколам TCP/IP или UDP), а также непосредственно из программы-аудиопроигрывателя WinAmp (минуя звуковую карту).

Программа Spectrum Laboratory (автор Wolfgang Buescher (радиолюбительский позывной DL4YHF)) предназначена для:

- Анализа спектра аудио сигнала через звуковую плату ПК
- Анализа предварительно записанного WAV-файла
- Наблюдения за изменением вида спектра в режиме реального времени
- Генерирования и декодирование некоторых специальных радиолюбительских модуляций сигналов
- Применения цифровых фильтров сигналов

Минимальные системные требования:

- ПК с Windows 95, Windows 98, Windows ME, Win2k, Windows XP, или Linux (инсталляция и запуск под эмулятором Wine)
- 16-битная звуковая карта
- Графический интерфейс с разрешением 800x600 пикселей, 256 цветов

Естественно, желательно иметь более производительную конфигурацию.

Рекомендую скачать последнюю версию программы с сайта проекта:  
<http://freenet-homepage.de/dl4yhf/spectral1.html>

Инсталляция программы типична для Windows OS. **Крайне не рекомендуется инсталлировать программу в директорию «Program files»!**

После инсталляции в каталоге с программой будут созданы несколько служебных подкаталогов, среди которых:

\Data\



Директория для файлов данных (log-файлы наблюдений и т.д.)

**\Export\**

Содержит некоторые установочные файлы и примеры пользовательских настроек

**\Goodies\**

Содержит дополнительную информацию и специальные файлы (шрифты, скрипты с цифровыми файлами и т.д.).

**\Html\**

Содержит help-файлы в виде HTML-страниц. Это главное справочное руководство по работе с программой (на англ. яз.).

Типичный вид главного окна программы представлен на Рис.1. Блок управления настройками спектрограммы размещён слева, амплитудно-частотный график спектрограммы расположен в верхней части главного окна, сама спектрограмма (“waterfall”) ниже него.

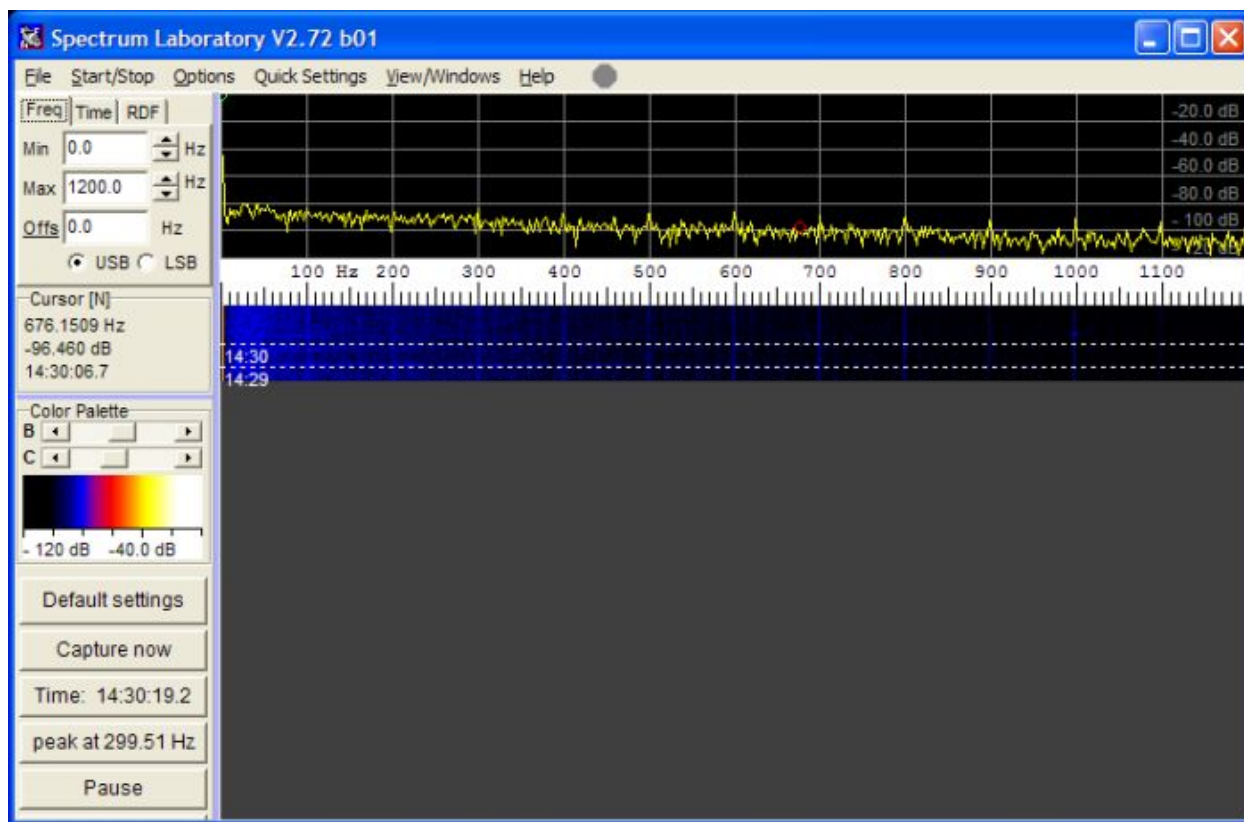


Рис.1 – Типичный вид главного окна программы SpectrumLab.



Все настройки программы хранятся в корневой директории в файле с названием SETTINGS.INI. После выхода из программы все изменения в настройках записываются в этот файл. Поэтому **рекомендую сохранить копию этого файла в поддиректорию, например, /settings, чтобы в случае неверных настроек легко было вернуть всё на место – просто заменив текущий файл SETTINGS.INI сохранённым стандартным.**

## Запуск программы

После инсталляции программа, в принципе, готова к работе. Запускать её на сканирование нужно так: заходим в пункт меню “Start/Stop” и поставить маркер-«птичку» напротив пункта “Start Sound Thread”. Остановить сканирование входного потока можно из того же пункта меню – нажав на “Stop Sound Thread”.

Рассмотрим структуру главного окна программы (см. Рис.1). Слева находится панель индикации и управления.

Вверху панели нас будет интересовать только закладка “Freq”. Это блок задания отображаемого на спектрограмме частотного окна. “Min” – значение минимально отображаемой на спектрограмме частоты, в Гц. “Max” – значение максимальной частоты. Максимальная частота ограничена частотой дискретизации звуковой карты ПК: она равна половине частоты дискретизации – в силу т.н. теоремы Уиттакера-Найквиста-Котельникова-Шеннона. Только в этом случае оцифрованный сигнал может быть однозначно и без потерь восстановлен по своим дискретным отсчётам (Прим.: из определения спектра сигнала следует, что конечный по длительности сигнал имеет бесконечно широкий спектр. Поэтому при дискретизации конечного по длительности сигнала (например песни на аудиодиск) невозможно восстановление из отсчетов без потери качества). Для современных звуковых карт частота дискретизации чаще всего равна  $f_m = 44100-48000$  Гц. Таким образом,  $f_{max}$  составляет 22050-24000 Гц. Для нужд радиометеорных наблюдений значения нижней границы частоты можно поставить на уровень 200-300 Гц (чтобы не отображалась НЧ-наводка от электросети питания 220 В 50 Гц и её первые 3 гармоники – 100 Гц, 150 Гц и 200 Гц). Значение верхней частоты в режиме поиска бурстеров от дальней станции (режим поиска подходящих станций) в случае FM-станций рекомендую поставить на уровне 5000 Гц (максимальная частота в обычной человеческой речи составляет примерно 3300 Гц, звук музыки имеем более широкий спектр), в случае поиска TV-станций  $f_{max}$  предпочтительно ставить на уровне 2500 Гц. После нахождения нужной станции полосу желательно сузить относительно значения частоты, на которой появляются бурстеры, до значения ширины полосы частот 300-600 Гц. Тогда увеличится частотное разрешение интересующей области и наблюдатель не будет отвлекаться на побочные сигналы вне частотного окна.

Центральную часть окна программы занимает поле FFT-спектрограммы. По умолчанию частота увеличивается слева направо, а время идёт сверху вниз. Спектрограмма сигнала движется в виде «бесконечной ленты». При перемещении курсора мыши в поле FFT-спектрограммы курсор изменяется на крест, а возле него прописывается значение частоты и уровня сигнала в данной точке спектрограммы (в дБ).

Вверху над спектрограммой отображается амплитудно-частотная спектрограмма входного сигнала.

Значения частоты и уровня сигнала по умолчанию доступны не для всего поля, а только для его части – определяется размером буфера хранения значений (настраивается в программе). Однако эти значения для всего поля доступны для просмотра в левой панели ниже закладки “Freq” – блок называется “Cursor (N)”.

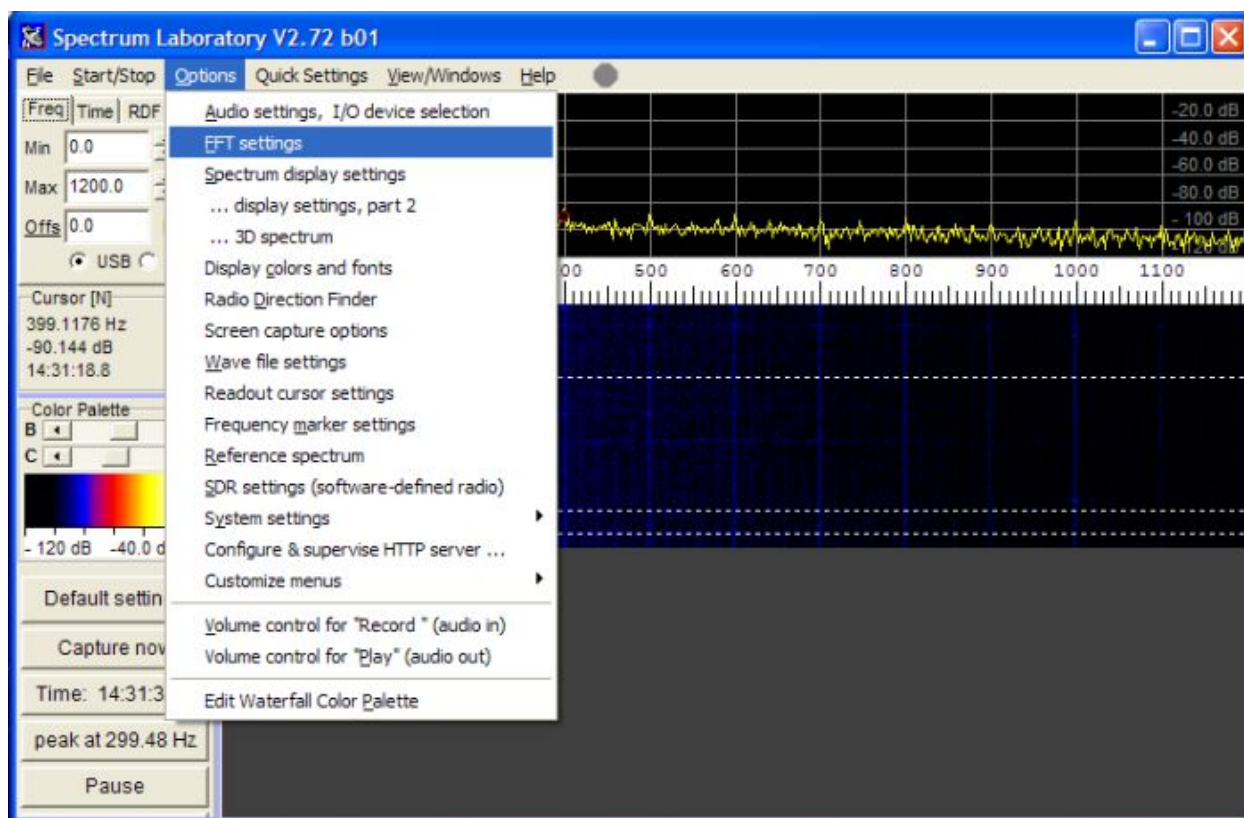


Рис. 2 – Запуск настройка основных опций программы.

## Настройки

Переходим к настройке программы (Рис. 2). Заходим в меню “Options→FFT settings”. Открывается окно со множеством закладок (Рис.3).

Для начала идём на закладку “Spectrum (1)”. Это настройка отображения спектрограммы.

Рассмотрим основные опции этой закладки (для активизации изменений нужно нажимать кнопку “Apply”!):

**Vertical Frequency Axis** – активация пункта поворачивает спектрограмму на 90° так, что шкала частот будет расположена справа сбоку (частоты будут увеличиваться снизу вверх), а спектрограмма будет двигаться справа налево. Это часто бывает удобнее, чем стандартное расположение осей спектрограммы. Впрочем, это дело вкуса и предпочтений наблюдателя.

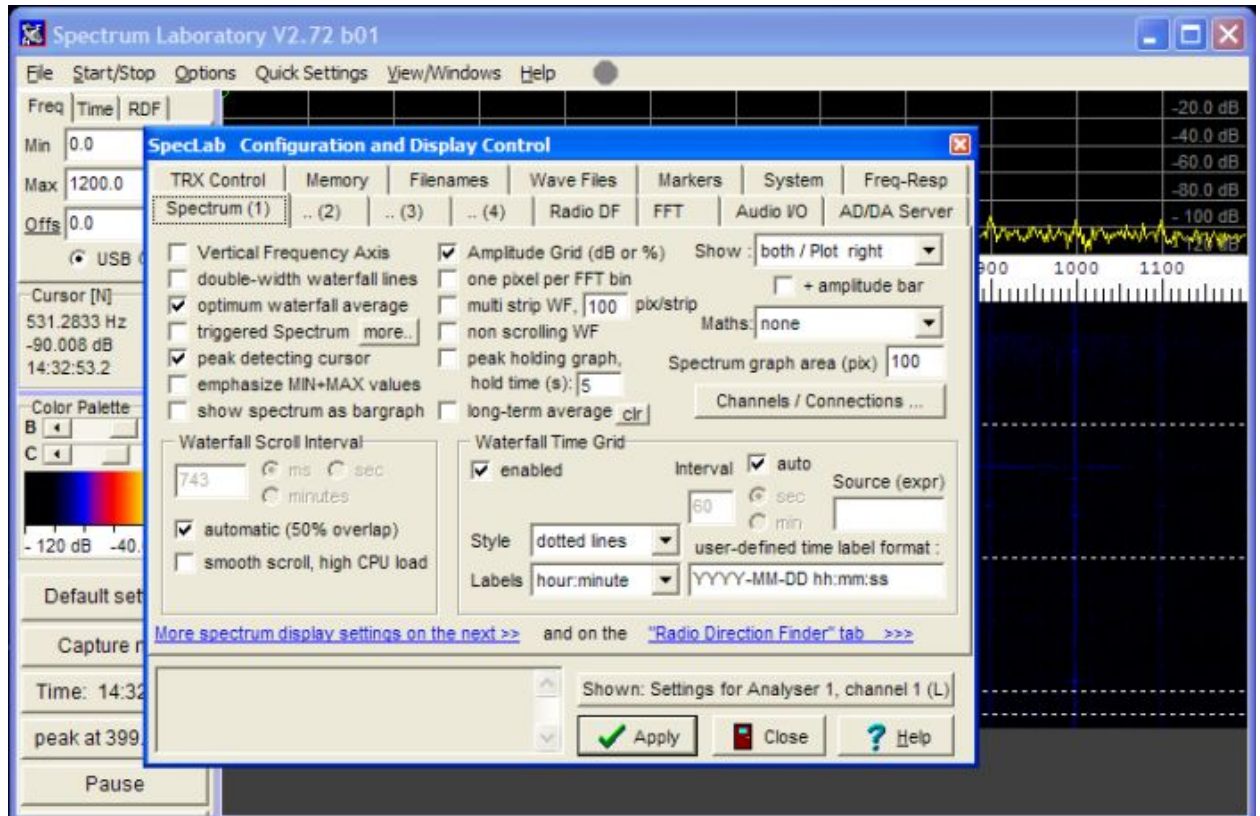


Рис. 3 – Настройка основных опций программы.

**Amplitude grid** – включает/отключает отображение координатной сетки в окне амплитудно-частотной спектрограммы.

**Optimum waterfall average** – усреднение нескольких отсчётов перед тем, как их отобразить на спектрограмме. Снижает «пёстрость» спектрограммы.

**non scrolling WF** – активация пункта меню приводит к тому, что спектрограмма перестаёт двигаться в виде «бесконечной ленты», а постепенно обновляется – новая картинка движется справа налево, затирая старую. Этот режим полностью тождественен отображению FFT-спектрограммы в программе HROFFT {см. Гл.}.

**Peak Detecting Cursor** – активизация пункта приводит к тому, что включается опция интерполирования FFT- значений. За счёт этого

значительно увеличивается частотное разрешение при перемещении курсора по полю спектрограммы. Лучше всего работает, если FFT-спектрограмма отображается с использованием функции Ханнинга (Hanning, закладка “FFT”, пункт “FFT window function” – см. ниже).

**Peak-holding spectrum graph** – активизация пункта включает отображение огибающей амплитудно-частотной спектрограммы в основном окне программы, время накопления отсчётов задаётся вручную.

**Math** – опция управления вычитанием левого и правого каналов. Удобна при использовании фильтрации помех методом антисовпадений (см. Гл. ).

**Waterfall Scroll Interval** – очень важная опция, задаёт скорость движения спектрограммы. Время задаёт интервал между отображением двух последовательных линий спектрограммы. Будьте аккуратны при задании малых значений времени – процессор ПК может не успевать справляться с заданной скоростью. Обязательно контролируйте загрузку процессора. Посмотреть её можно, нажав на клавиатуре одновременно три клавиши <Alt>+<CTRL>+<Del>, и в появившемся окне перейти на закладку «Быстродействие», где отображается загруженность процессора в процентах. При сворачивании окна SpectrumLab загруженность процессора уменьшается, т.к. отпадает необходимость обновления отображения спектрограммы. Другой способ – зайти в пункт меню SpectrumLab “View/Windows→CPU performance window”, где в таблице подробно прописывается в режиме реального времени какие именно процессы программы и насколько загружают процессор. **Следите, чтобы загрузка процессора не доходила до 100%!**

**Waterfall Time Grid** – блок отображения временной сетки координат. Для его активизации нужно поставить маркер-«птичку» рядом с “enabled”. Опция “Style” задаёт вид линий (solid lines – непрерывные линии, dotted lines – штрихованные линии, small ticks – короткие штришки с краю спектрограммы). Я рекомендую поставить стиль dotted lines. Опция “Interval” задаёт интервал времени между двумя последовательными линиями (минуты, либо секунды). Опция “Labels” задаёт вид отображаемых подписей рядом с каждой линией. Рекомендую выбрать hour:min:sec – в этом случае рядом с каждой линией будет прописываться время с точностью до секунды. Впрочем, пользователь сам может задать свой стиль – для этого в окошке “user-defined time label format” надо прописать вид отображения времени, а после этого в меню “Labels” выбрать пункт “user defined”. Например, запись YYYY-MM-DD hh:mm:ss будет означать, что возле каждой линии времени будет писаться год, месяц, число и время с точностью до секунды.

**Show** – отображение основных блоков главного окна. Рекомендую выбрать “both /Plot right”, при которой будет отображаться одновременно и FFT-



спектрограмма и амплитудно-частотная спектрограмма, а также поставить маркер напротив “+ amplitude bar”, про который читайте ниже. В последних версиях программы реализована даже опция отображения FFT-спектрограммы в виде 3D-графика (см. Рис.4). Её настройка осуществляется в закладке “..(4)”.

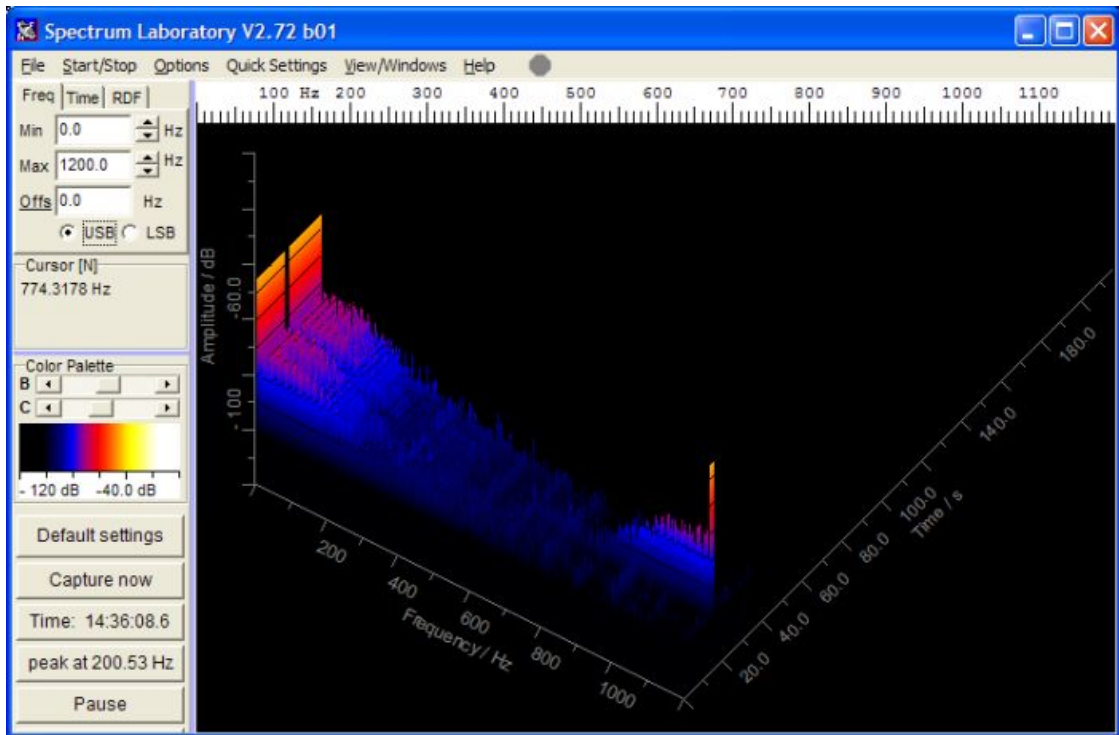


Рис. 4 – 3D-спектрограмма.

Переходим на закладку “..(2)” (Рис.5).

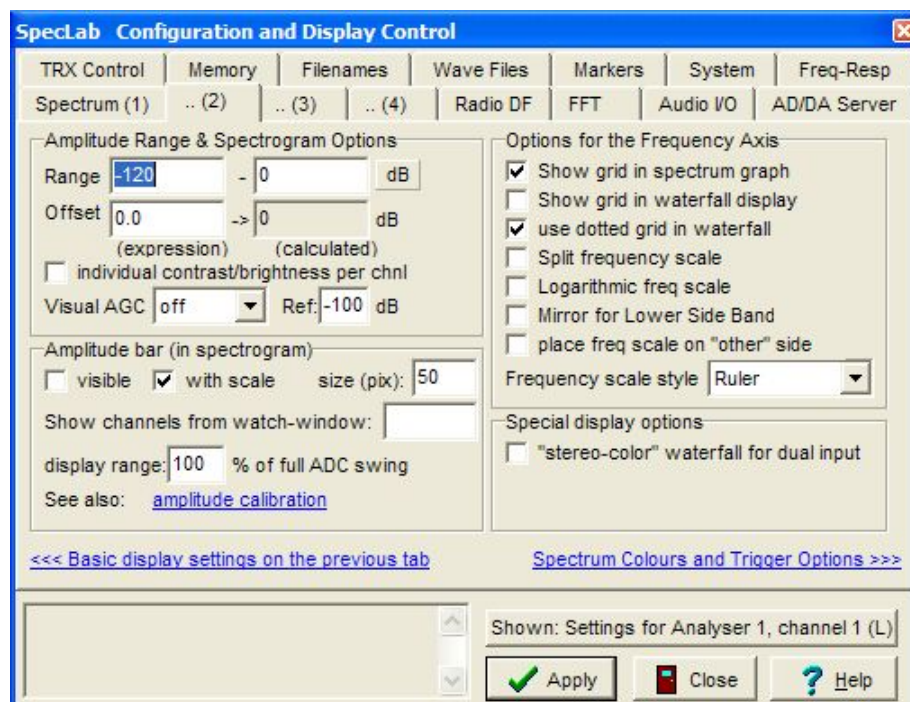


Рис. 5 – Закладка “..(2)”.

**Amplitude Range & Spectrogram Options** – управление отображением уровня входного сигнала. По умолчанию выставлен широкий динамический диапазон входного сигнала – от -120 дБ до 0 дБ. Для нужд радиометеорных наблюдений диапазон нужно снизить. Нижнюю границу можно выставить, например, на уровне -120 дБ, а верхнюю в -30дБ. Управляя этими значениями, уровнем громкости на приёмнике и панелью “Color Palette” га главном окне программы (описание см. ниже) можно задать вид отображаемой FFT-спектрограммы.

**Amplitude Bar** – добавляет на FFT-спектрограмму амплитудно-временную полосу, которая разворачивается синхронно спектрограмме. Удобная опция для анализа входного потока. Для активизации нужно поставить маркер возле “visible”. Опция “size (pix)” задаёт ширину полосы в пикселах, “display range” – задаёт шкалу амплитуд в процентах от амплитуды максимального сигнала, преобразуемого АЦП звуковой карты. Задавая меньшее значение display range можно увеличивать амплитудное разрешение.

**Options for the Frequency Axis** – управление шкалой частот. Опция “Show grid in spectrum graph” включает/отключает отображение сетки частот в окне амплитудно-частотной спектрограммы, “Show grid in waterfall display” – то же самое для окне FFT-спектрограммы, “use dotted grid in waterfall” – задаёт отображение сетки частот FFT-спектрограммы в виде штриховых линий (рекомендую).

**Закладка “..(3)”**, блок “Display Colours” – управление цветами линий и полей. Для изменения цвета блока линий нужно нажимать на цветные кнопки с названиями блоков и выбирать желаемый цвет (Рис. 6).

**Закладка “..(4)”**, блок “3D spectrum display options” – управление и активация 3D FFT-спектрограммой.

**Закладка “FFT”**: управление и настройка FFT-преобразований фходного потока (Рис. 7).

**FFT input size** – число выборок в одном FFT-преобразовании. Число это должно быть кратно 2 ( $N^2$  выборок). Этот параметр определяет частотное разрешение получаемых FFT-спектрограмм, и не влияет на скорость разворота спектрограммы. Чем больше этот параметр, тем БОльшее частотное разрешение можно получить, но тем больше вычислений нужно выполнить (т.е. больше загружается процессор ПК). На ПК с частотой процессора менее 1 ГГц этот параметр лучше не делать большим 16384

выборок. Если этого не делать, то отображение спектрограммы будет запаздывать относительно приходящего сигнала.

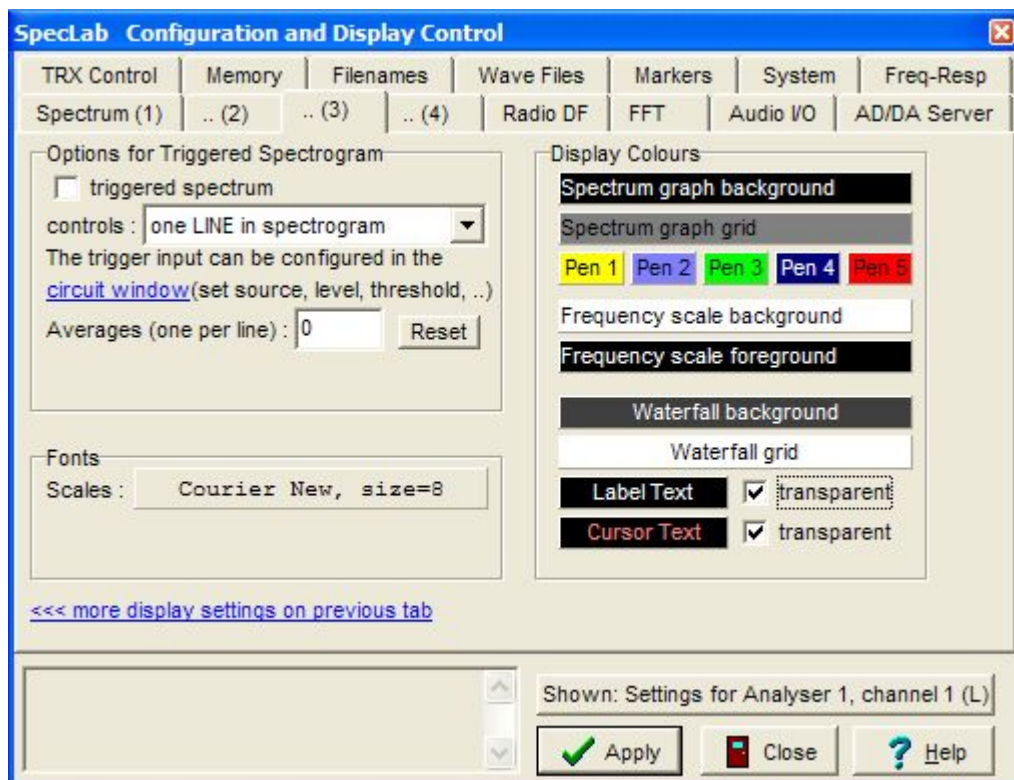


Рис. 6 – Закладка “..(3)”.

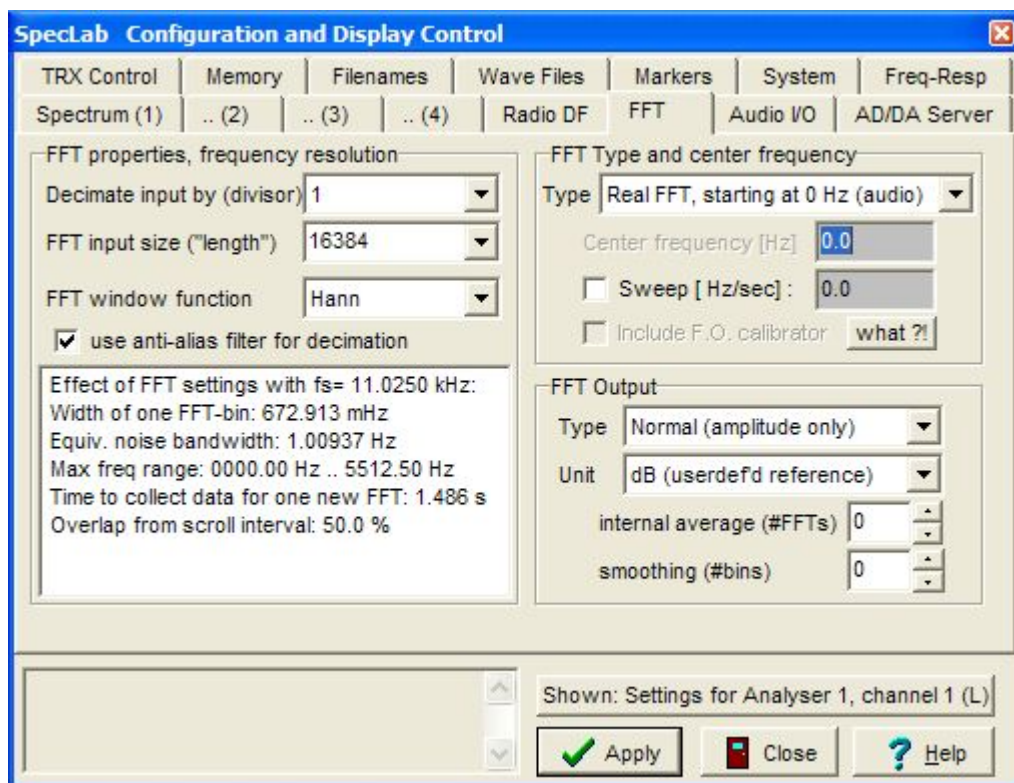


Рис. 7 – Закладка FFT.



**FFT window function** – выбор функции окон FFT-преобразования (про оконные функции см. введение). Доступны: прямоугольник (Rectangle), функция Хамминга (Hamming), функция Ханна (Hann), Гаусса (Gauss), Нуттала (Nuttall), Flat Top. Рекомендую выбрать функцию Ханна (Hann).

**FFT output unit** – выбор единицы измерения уровня сигнала. V – в вольтах, W – в ваттах, а также несколько логарифмических шкал. Рекомендую выбрать логарифмическую шкалу “dB (userdef’d reference)” – в нашем случае лучше использовать децибелы в качестве единиц уровня входного сигнала, т.к. динамический диапазон входных сигналов довольно широк. В любом случае можно точно настроить какой уровень сигнала в вольтах соответствует какому значению в дБ.

**use anti-alias filter for decimation** – использовать антиалиасинг. При FFT-преобразование сигнала, содержащего частоты выше  $f_m/2$ , где  $f_m$  – частота дискретизации звуковой карты, эти высокие частоты отображаются в НЧ-часть спектра, что приводит к появлению дополнительных гармоник. Антиалиасинг подавляет этот эффект. Т.к. есть вероятность проникновения в звуковую карту ВЧ-сигналов (например, от импульсного блока питания ПК и т.д.), то лучше активировать эту опцию.

**Закладка Audio I/O:** задание устройств ввода-вывода звука, задание частоты дискретизации для FFT-преобразования (Рис. 8).

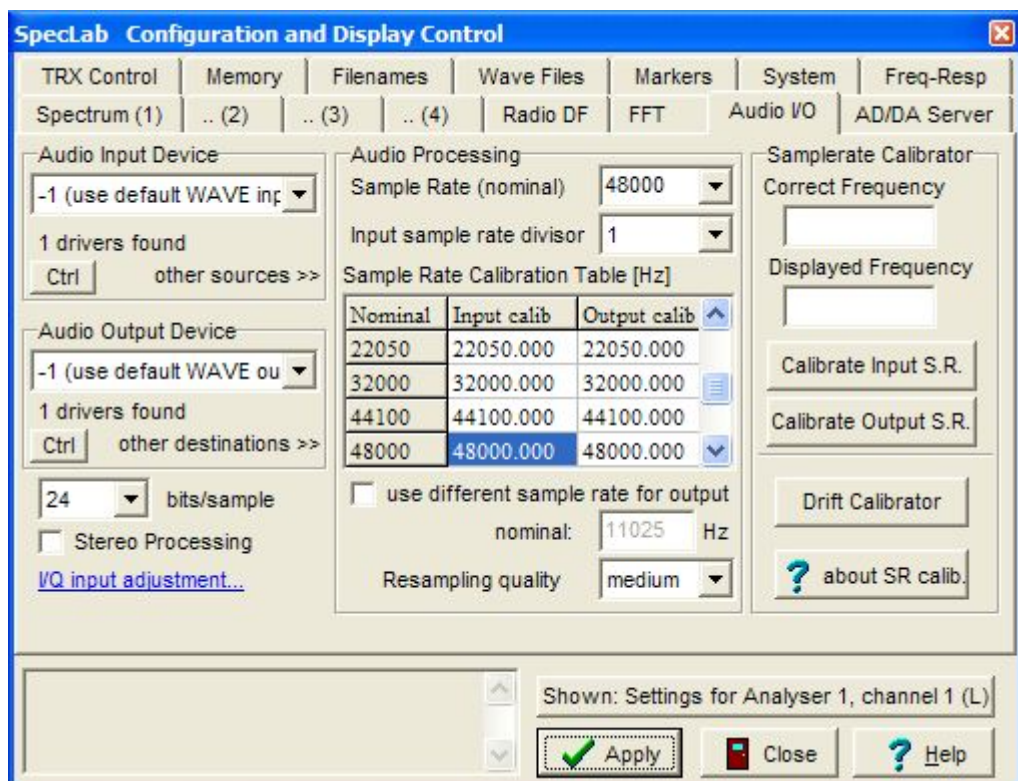


Рис. 8 – Закладка Audio I/O.

**Audio Input Device, Audio Output Device** – выбор устройства ввода/вывода звукового потока. Благодаря этой опции можно использовать сразу две звуковые карты ПК – одну из них назначить как устройство ввода звукового потока, а вторую – как устройство вывода. В современных звуковых картах входной (Line-In) и выходной (Line-Out) каналы совмещены, в связи с чем в устройстве воспроизведения звука (наушники, колонки), подключённого к Line-Out выходу звуковой карты, будет слышен входной сигнал. Распараллеливание потоков по двум звуковым картам позволяет избежать этой ситуации (т.е. можно спокойно слушать музыку или любым другим образом использовать выход второй звуковой карты, а входной звуковой поток с первой звуковой карты не будет слышен).

**Sampling Rate** – скорость чтения выборок с АЦП звуковой карты, т.е. частота дискретизации звуковой карты ПК. Для большинства современных звуковых карт это значение составляет 44100 Гц или 48000 Гц, но встречается также и 96000 Гц и даже 192000 Гц. **Не следует выставлять это значение выше номинальной частоты дискретизации для вашей звуковой карты!**

**Bits per sample** – задаёт динамический диапазон АЦП. Обычно используется 16 бит. В документации к вашей карте обязательно указывается это значение. Разница между качеством оцифровки 16 бит и 24 бита видна только в случае очень слабых сигналов.

**Закладка AD/DA server** (Рис. 9): SpectrumLab может анализировать звуковой поток (а также перенаправлять его), приходящий по сети Ethernet (Рис.9). В этом случае звуковой поток кодируется и пересылается по протоколу TCP/IP или UDP. Эту опцию удобно использовать, чтобы пересылать звуковой поток по локальной сети (коллегам-радиомтеорщикам, находящимся с вами в одной локальной компьютерной сети), или предоставлять для прослушивания по сети INTERNET в режиме реального времени.

**Receive audio via** – выбор протокола принимаемого звукового потока по сети Ethernet: TCP/IP или UDP.

**Send audio via** – выбор протокола перенаправления звукового потока в сеть Ethernet.

**Act as a SERVER for audio-via-TCP/IP** – в этом случае ваша программа SpectrumLab будет служить источником (сервером) звукового потока по сети Ethernet для клиентских ПК.

**Source IP addr** – IP адрес источника звукового потока по сети Ethernet. Прописывать надо, если активирован пункт **Receive audio via**. Тогда ваш ПК будет принимать пакеты со звуковым потоком по сети от ПК, IP-адрес которого указан в этом пункте.

**Destination IP addr** – IP адрес ПК, на который ваш ПК пересылает звуковой поток по сети Ethernet. Этот пункт надо прописывать в том случае, если вы хотите пересылать звуковой поток другому ПК. Для этого надо активировать пункт **Send audio via**.

**my IP addr** – IP адрес вашего ПК в локальной сети.

**port** – номер порта ПК, через который вы будете получать/пересылать пакеты со звуковым потоком. **Внимание! Открыть порт необходимо через вашу программу-антивирус, т.к. по умолчанию большинство портов закрыто. В противном случае пакеты не будут пересылаться.**

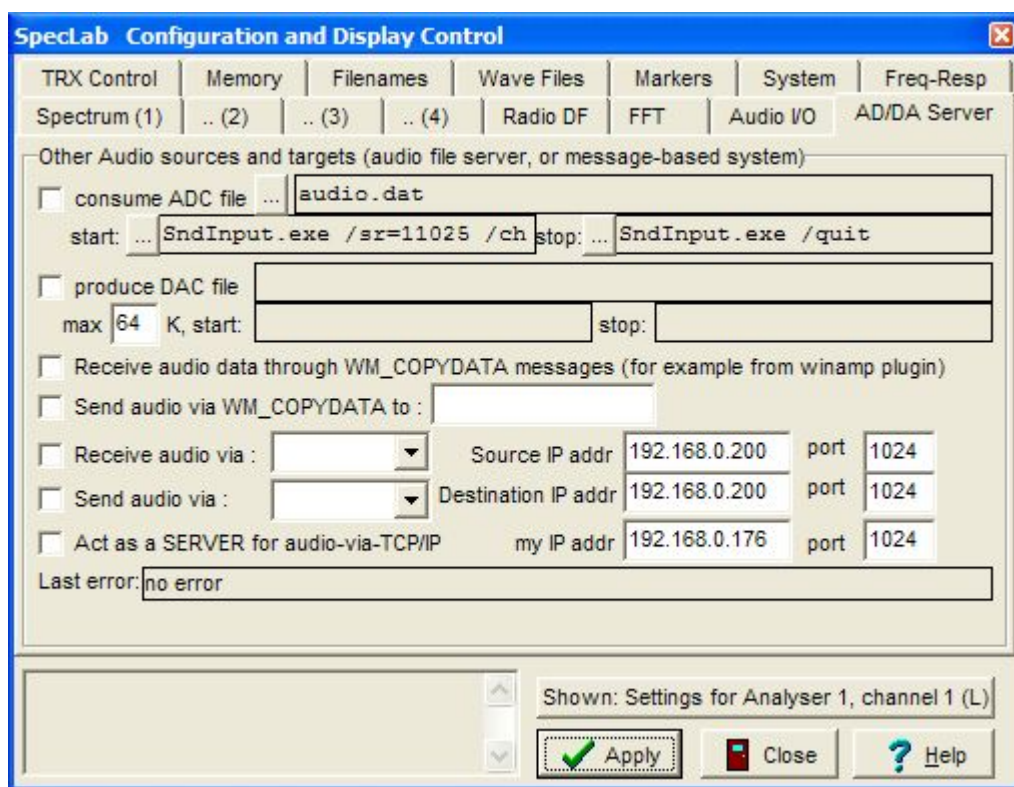


Рис. 9 – Закладка AD/DA server.

**Закладка Memory** (Рис. 10): настройка буфера памяти ПК, где хранятся значения FFT-преобразования.

**Buffered lines in RAM** – задание максимального числа спектральных линий, хранящихся в памяти ПК. 200 линий – значение, подходящее практически для любых ПК. Если ПК имеет объем оперативной памяти (RAM) 128 Мб, то

значение числа линий в буфере можно поднять до 400. Если объём RAM составляет 256 Мб и более, значение можно поднять до 800 линий. От величины этого параметра будет зависеть, насколько далеко по времени будет доступна информация о частоте и уровне сигнала при перемещении курсора по полю FFT-спектрограммы.

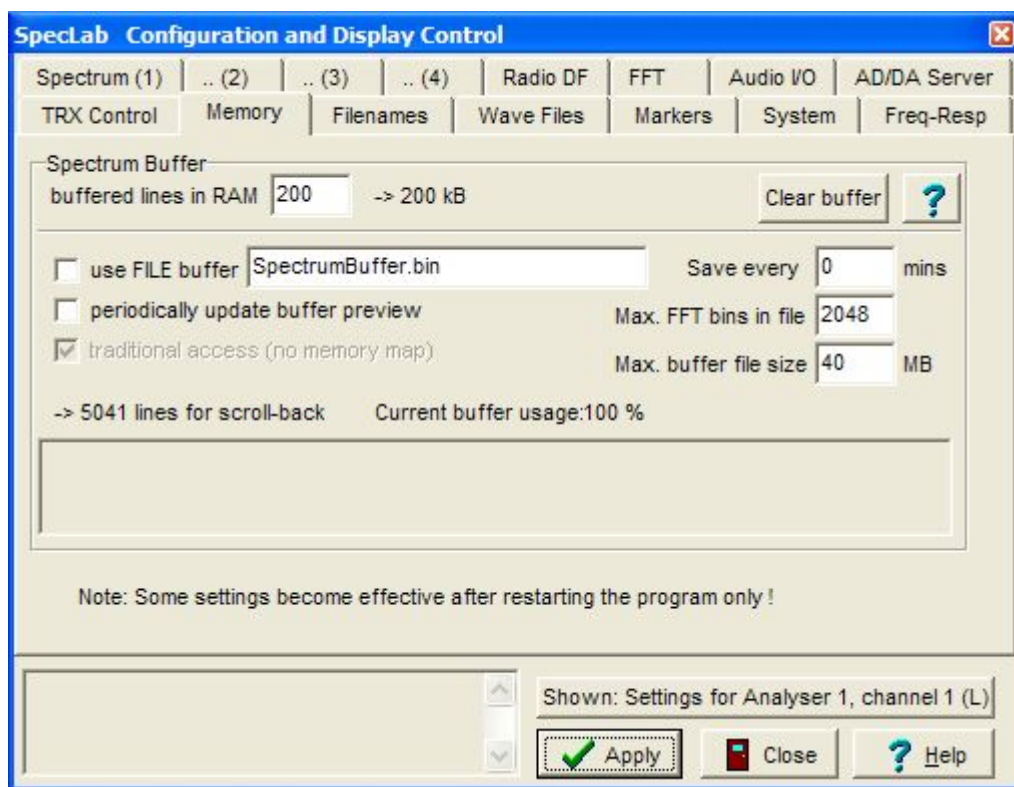


Рис. 10 – Закладка Memory.

**Use file buffer** – использование в качестве буфера программы внешнего файла на жёстком диске ПК. Удобно для хранения больших объёмов информации.

**Max. FFT bins in file** – задание числа значений частот FFT-преобразования, хранимых во внешнем буферном файле. В качестве отдельного случая применения – хранить информацию об FFT-преобразовании только интересующей узкой частотной полосы. В закладке “FFT”, в меню “FFT Type and center frequency” прописываете значение “Center frequency [Hz]” – центральной частоты (например, для радионаблюдений метеоров от ТВ-станций в режиме USB с отстройкой на 1 кГц значение “Center frequency [Hz]” должно равняться 1 кГц). Тогда будет писаться в буферный файл не вся таблица частот (для звуковой карты с частотой дискретизации 48 кГц этот диапазон составит 0-24 кГц), а строго выбранная вами область.

Например: если в закладке “FFT” “FFT input size (“length”)” установлено в значение 16384, а вы хотите анализировать полосу 0-2 кГц, то вам понадобится сохранять только  $(2 \text{ кГц} - 0 \text{ кГц}) / 24 \text{ кГц} \approx 8,3 \%$  от общего потока. Из 16384-точечного FFT-преобразования вам понадобится только



16384·0,083 =1360 точек. Именно эту величину и надо будет ввести в поле “Max FFT bins in file” закладки “Memory”. В закладке “FFT”, в меню “FFT Type and center frequency” прописываете значение “Center frequency [Hz]” равное 1 кГц.

Если текущее значение FFT-выборок превысит число выборок и буферном файле, в этой закладке появится предупреждение, подобное этому:

**WARNING: The FFT size (65536 bins) exceeds the currently used buffer (4096 bins).**

Следите, чтобы этого не происходило.

**Max buffer file size** – установка максимального объёма буферного файла. Позволяем избежать проблемы «2 Гб» – актуальной только для файловых таблиц FAT32. Чаще всего Windows XP установлена на раздел, отформатированный под NTFS, в связи с чем отпадает необходимость ограничивать размер файлов двумя гигабайтами.

**Закладка System, подзакладка Timezone, Time source** (Рис. 11): Установка временной зоны. Для радионаблюдений метеоров очень желательно работать в единой системе времени для многих наблюдателей. В астрономии для этого применяется Всемирное время – Universal Time, UTC. Выставите значение “Local time MINUS UTC (GMT)” для вашего часового пояса, и на FFT-спектрограмме возле меток времени будет прописываться время в UTC. Это же время будет сохраняться в log-файлах при применении скриптов (см. ниже).

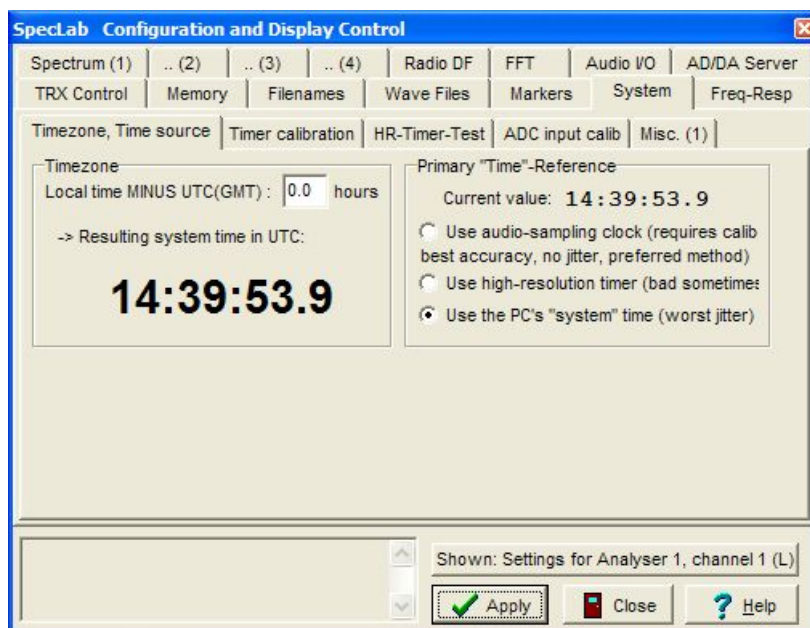


Рис. 11 – Закладка System→Timezone, Time source.

## Автоматическое сохранение снимков поля FFT-спектрограммы в графические файлы

Ещё одним несомненным преимуществом программы SpectrumLab является возможность сохранять мгновенные снимки (скриншоты) поля FFT-спектрограммы в графические файлы. Это один из способов вести логирование входного звукового потока для последующего просмотра.

Для настройки этой опции нужно зайти в пункт меню “File” → “Screen Capture” → “Screen Capture options” (Рис. 13). После этого откроется окно настроек скриншотов (Рис. 14).

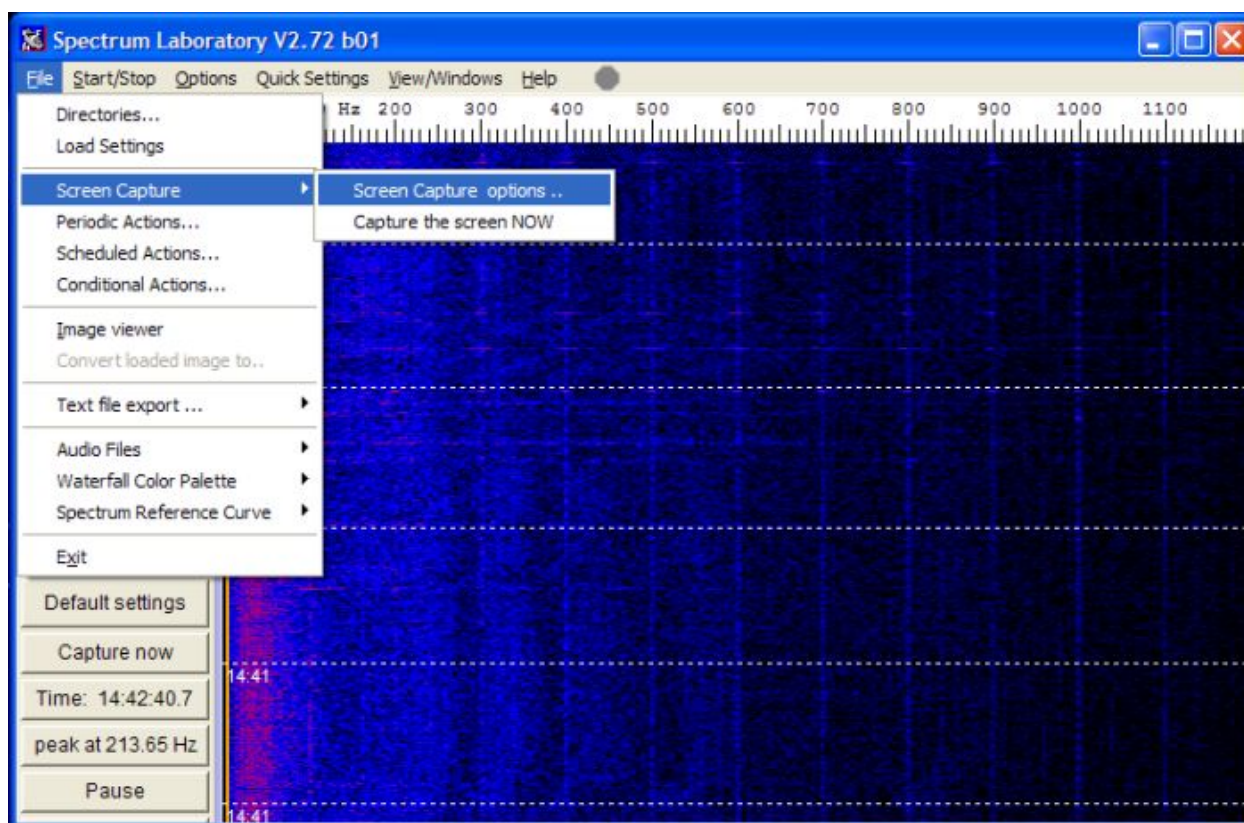


Рис. 13 – Управление скриншотами FFT-спектрограммы.

### Закладка “Screen Capture”:

**Filename** – префикс имён графических файлов, в которых будут сохраняться скриншоты. Это может быть любое имя. С каждым новым скриншотом к префиксу будет присваиваться порядковый номер (см. ниже).

Здесь же задаётся путь до директории, куда будут сохраняться скриншоты. Например, если вы хотите их сохранять на диск D в директорию “SL\_sreens”, а имена скриншоты должны начинаться с префикса “capt”, то в поле Filename нужно написать:

d:\SL\_sreens\capt

Важно, чтобы директория \SL\_sreens уже существовала!

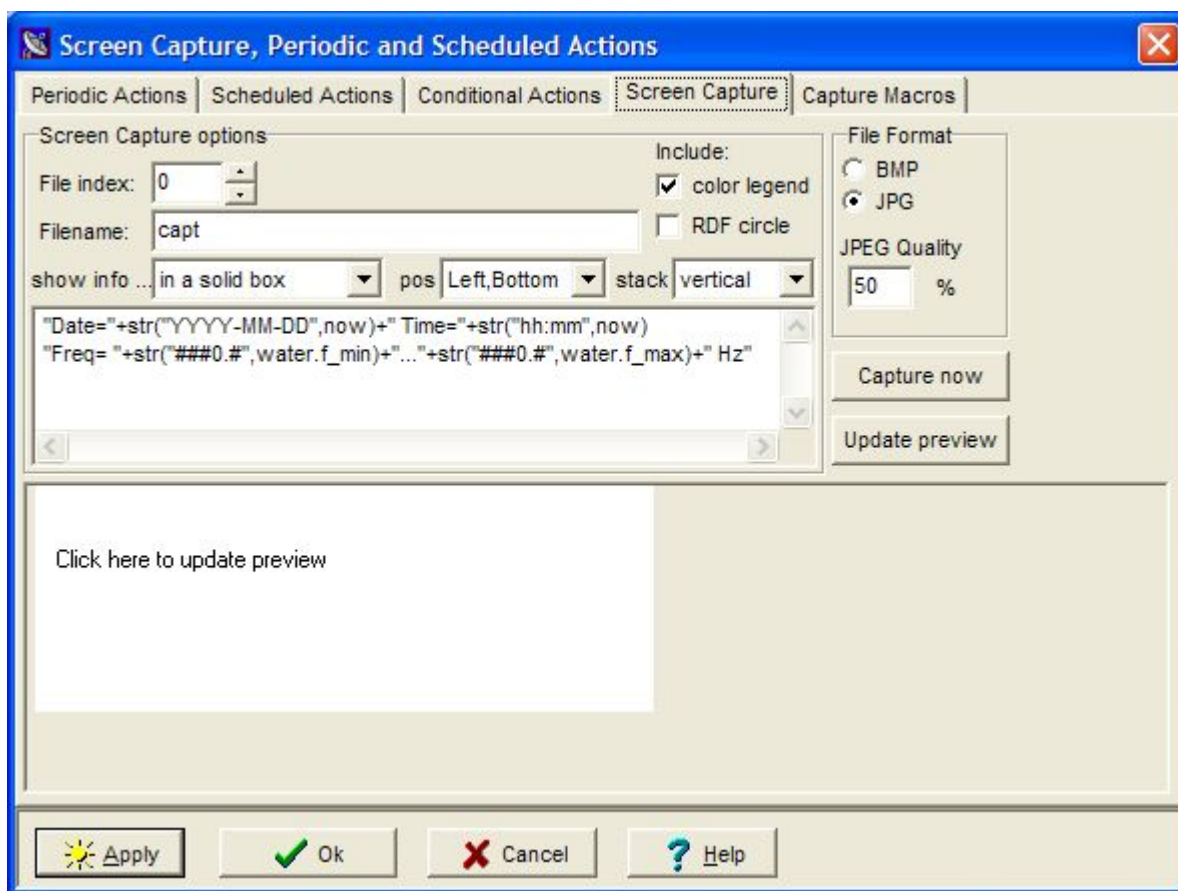


Рис. 14 – Настройка опции скриншотов.

**File index** – цифра, с которой будет начинаться нумерация файлов-скриншотов после префикса. Можно начинать нумеровать с любой цифры. Обычно первый скриншот нумеруют с цифры 0.

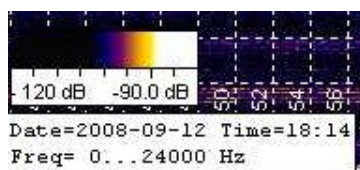
**Color legend** – сохранять скриншоты с цветной легендой.

**show info** – отображение границ легенды на каждом скриншоте. Очень рекомендую использовать эту опцию. Удобно выбрать режим “in a solid box”, при котором легенда будет окантована рамкой. Текст легенды определяется содержанием окна ниже. В нём записан кусок скрипта. Кратко поясню, что значит его содержимое:

```
"Date="+str("YYYY-MM-DD",now)+" Time="+str("hh:mm",now)
"Freq=" +str("###0.#",water.f_min)+"..." +str("###0.#",water.f_max)+" Hz"
```



Вот, что получится:



Запись в двойных кавычках (“ ”) будет восприниматься как текст и сохраняться как есть. Вместо неё, конечно, можно написать всё, что угодно. Строка

```
+str(“YYYY-MM-DD”,now)
```

сконвертирует текущую (команда now) системную дату (“YYYY-MM-DD ”) в нужный формат для помещения её на скриншот (команда str конвертирует цифры в строковый формат).

Команда

```
+” Time=”+str(“hh:mm”,now)
```

сконвертирует текущее (команда now) системное время (“hh:mm”) при сохранении файла в нужный формат для помещения её на скриншот. При этом будет учитываться состояние параметра Timezone закладки “System”, подзакладка “Timezone, Time source” (см. Рис. 11).

Оператор «+» присоединяет друг к другу различные куски строк. Вторая строка расшифровывается по аналогии. Скажу только, что запись «(“###0.#”,water.f\_min)» означает записывать нижнюю границу частоты (берётся из настройки “Min” закладки “Freq” блока управления слева на главном окне программы) в виде одно- или 4-значной целой части с точностью до первого десятичного разряда.

Ещё пример: пусть мы хотим в легенде размещать информацию об уровне шума в интервале частот 300 Гц – 3000 Гц. Тогда надо добавить такую строку:

```
“Noise=”+str(“##0.0”,noise(300,3000))+”dB”
```

Команда noise вычисляет уровень шума в указанном частотном диапазоне в дБ.

Опции **pos** и **stack** – задание расположения легенды на скриншоте. Для pos рекомендую выбрать “Left, Top”, для stack – “vertical”. Тогда легенда расположится в верхнем левом углу в два блока – легенда цветовой кодировки уровня сигнала сверху, комментарии ниже.

**File Format** – выбор формата сохраняемых скриншотов. Рекомендую JPG – они занимают меньше места.

**JPEG Quality** – степень сжатия скриншотов в формате JPG. Чем меньше эта величина, тем меньший объём будет занимать скриншот, однако тем худшее его качество. Не рекомендую ставить эту величину менее 50 %.

Теперь сделаем так, чтобы скриншоты делались круглосуточно. Для этого переходим на вкладку “Periodic Actions” этого же окна. В окне “From” пишем 00:00:00, в “to” – 23:59:59.

**interval** – интервал времени, через который будет делаться каждый новый скриншот. Наиболее правильно его задавать исходя из скорости заполнения поля FFT-спектрограммы. Опция “Waterfall Scroll Interval” закладки “Spectrum (1)” главного меню “Options→FFT Settings” (см. Рис. 3) задаёт скорость разворота спектрограммы. Выбрав наиболее приемлемую для вас, засекайте, за какое время заполняется поле спектрограммы. Это время и следует выставить как период создания скриншотов. Пусть, например, FFT-спектрограмма заполняет поле за 1 минуту 20 секунд. Тогда в окне Interval прописываем 00:01:20. Для активации опции автоматического производства скриншотов нужно поставить маркер возле “active” закладки “Periodic Actions” и нажать “Apply”. После этого в указанной нами папке будут сохраняться скриншоты FFT-спектрограмм с именами, задаваемыми File Format и File Index.

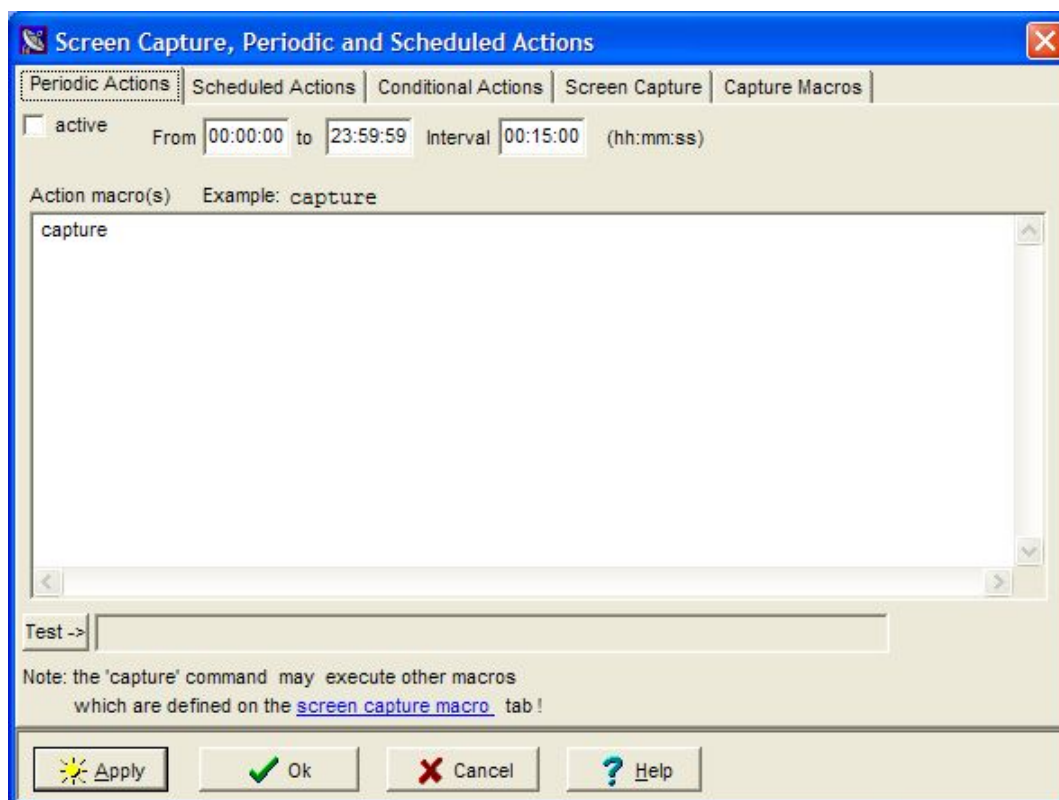


Рис. 15 – Активация периодического снятия скриншотов FFT-спектрограмм.

## Сохранение входного потока в WAV-файл

При круглосуточном мониторинге единственным выходом автоматического детектирования метеорной активности является применение скриптов (см. ниже) – т.к. записывать гигабайты звуковых файлов с последующим их анализом является неразумным (это потребует слишком больших затрат времени и сил).

Однако, при радионаблюдении метеорных потоков чаще бывает удобно записать звуковой поток в файл для последующего его анализа (время записи потока, как правило, составляет от 5 до 10 суток, что при применении кодировщиков звуковых файлов без потери качества займёт объём до 10-12 Гб дискового пространства. Объём несжатых WAV-файлов будет в 2-3 раза большим). Записанный звуковой поток затем можно анализировать многократно – с применением различных фильтров, настроек детектирующих скриптов и т.д.

Для записи звукового потока в файл идём в пункт меню “File”→”Audio Files”→”Save input as audio file” (Рис. 16). После выбора этого пункта меню откроется окно, в котором нужно указать имя сохраняемого файла и его расположение на жёстком диске. После нажатия кнопки “ОК” начнётся запись звукового потока в указанный файл. **Следите за тем, чтобы не переполнить объём того диска, на который вы сохраняете файл!**

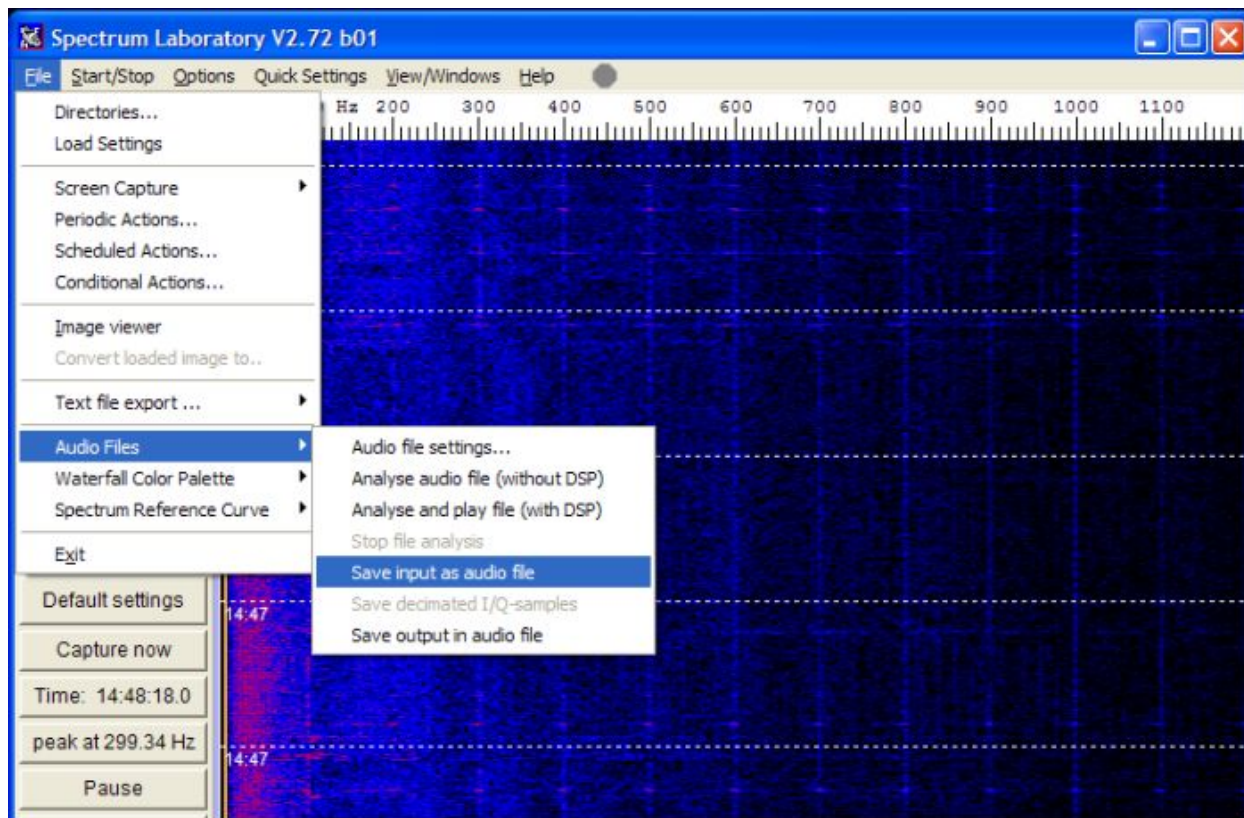


Рис.16 – Сохранение входного потока в WAV-файл.



Чтобы остановить запись, снова зайдите в меню “File”→”Audio Files” и снимите маркер с пункта ”Save input as audio file”.

## Анализ WAV-файлов

Для анализа входного звукового потока, записанного в WAV-файлы, нужно зайти в главное меню “File”→”Audio Files”. Тут мы видим два пункта:

**Analyse and play file (without DSP):** анализ файла без DSP.

DSP – это Digital Signal Processor, цифровой процессор сигналов. При выборе анализа файла в обход DSP звуковой поток будет анализироваться заметно быстрее, чем время записи файла, сразу направляясь в окно FFT-анализатора. Звук при этом проигрываться не будет.

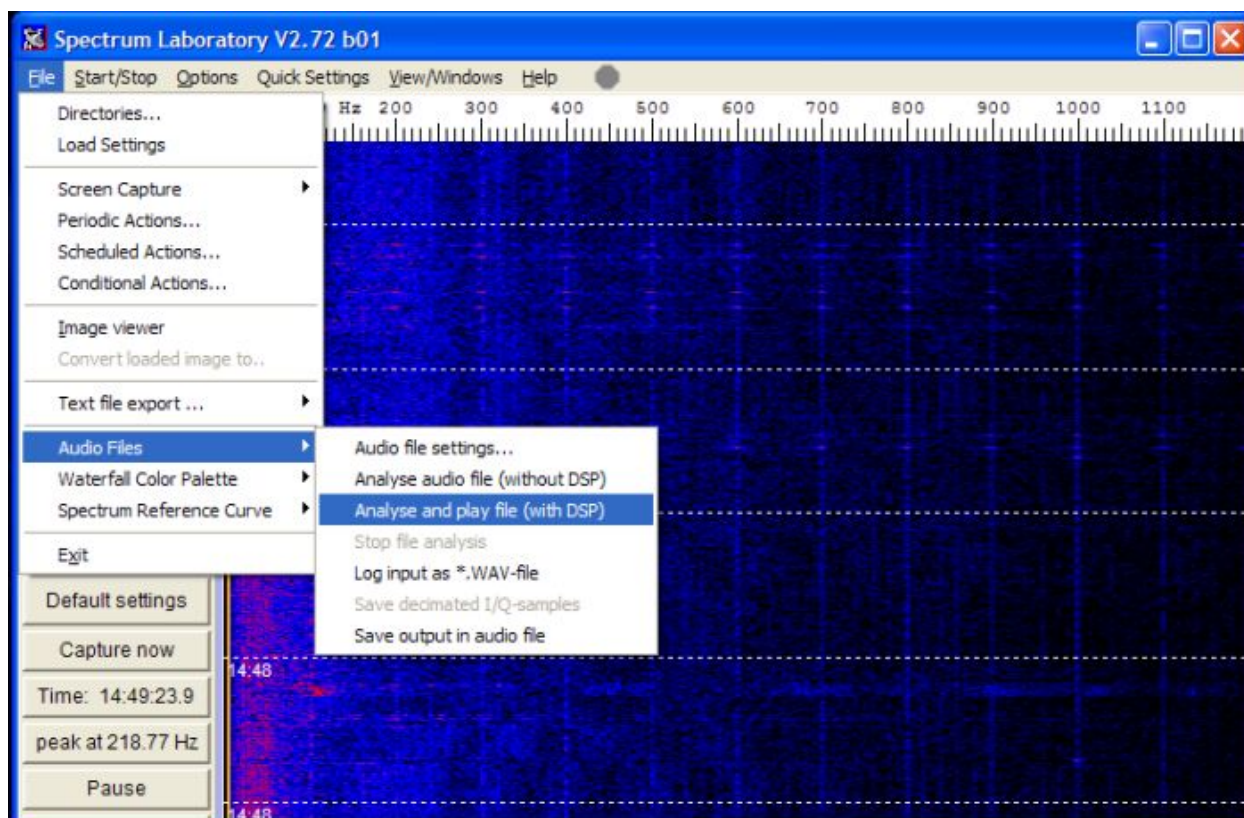


Рис.17 – Анализ записанных WAV-файлов.

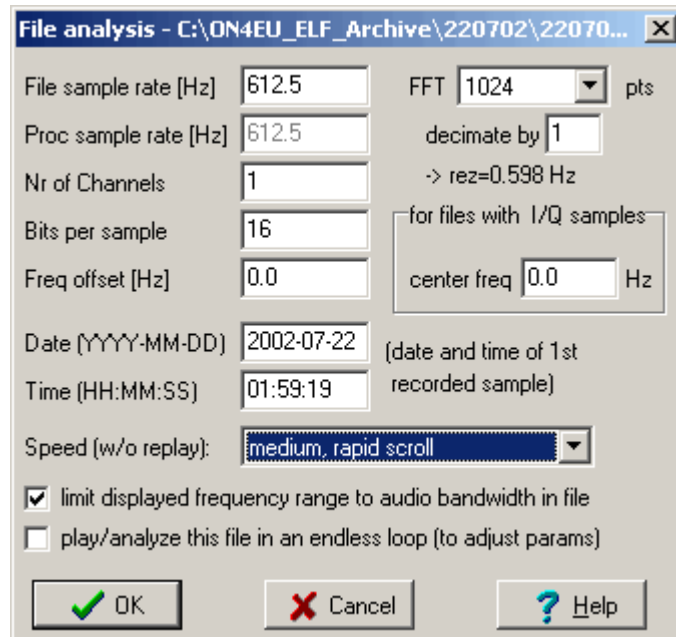
**Analyse and play file (with DSP):** анализ файла с DSP.

При выборе этой опции звуковой файл будет проигрываться и анализироваться в режиме реального времени – как он записывался.

После выбора одной из этих двух опций откроется диалоговое окно, содержащее некоторые параметры записанного WAV-файла.

Перед открытием этого диалогового окна, программа рассчитывает наиболее оптимальный “Sample rate” для достижения частотного разрешения

как в случае анализа в реальном времени. В связи с этим этот параметр может отличаться от того, при котором писался файл.



Его можно поменять в этом диалоговом окне по своему усмотрению. Полученное частотное разрешение можно увидеть в этом диалоговом окне – параметр “**rez=**” ниже опции “FFT”. После выбора нужных параметров нажмите “OK”, и анализ начнётся.

После начала анализа в основном окне FFT-спектрограммы слева на панели управления на кнопке статуса периодически будет появляться надпись о том, сколько килобайт из анализируемого файла уже проанализировано.



В случае выбора опции “Analyse and play file (without DSP)”, после выбора анализируемого файла в диалоговом окне появляется опция выбора скорости анализа:

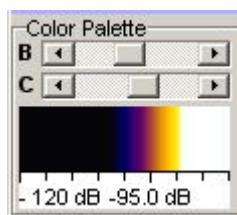
- **slow, smooth scroll.** При выборе этой опции развёртка будет плавной в процессе анализе. Этот вариант наиболее удобен при быстром просмотре анализируемого файла.
- **medium, rapid scroll.** В этом случае окно спектрограммы будет обновляться время от времени.
- **fast, no waterfall update.** Поле FFT-спектрограммы не будет обновляться в течение анализа. Эта опция полезна для убыстрения анализа, но просмотр спектрограммы невозможен.

После окончания анализа программа не переключается снова в режим анализа входного потока со звуковой карты ПК – для запуска нужно снова войти в главное меню “Start/Stop” → “Start Audio Thread”.

## Выбор палитры FFT-спектрограммы

Очень важной опцией является настройка палитры уровня сигнала на FFT-спектрограммы – от качества настройки этой опции во много зависит успешный поиск бурстеров неизвестной станции, либо поиск наиболее подходящей станции. Естественно, при применении скриптов для детектирования бурстеров, настройки палитры не играют роли – анализируются физические характеристики входного потока. Однако для визуального контроля правильная настройка палитры имеет большое значение.

Задание динамического диапазона отображаемых сигналов задаётся в опции “Amplitude Range & Spectrogram Options” закладки “..(2)” (см. Рис. 5). Это задание «глобального» вида спектрограммы. После этого можно настраивать палитру более «тонко». Переходим в главное окно программы. Слева, на панели управления находится управление палитрой:



Шкала уровня сигнала берётся из установок “Amplitude Range & Spectrogram Options”. Ползунком “C” задаётся ширина переходной зоны от «самый низкий уровень - самый высокий уровень», ползунком “B” положение переходной зоны на шкале уровня сигнала.

Кроме общих настроек палитры можно выбрать и цветовую гамму. Для этого надо зайти в главное меню “File”→”Waterfall Color Palette”→”Select from list” (Рис. 18).

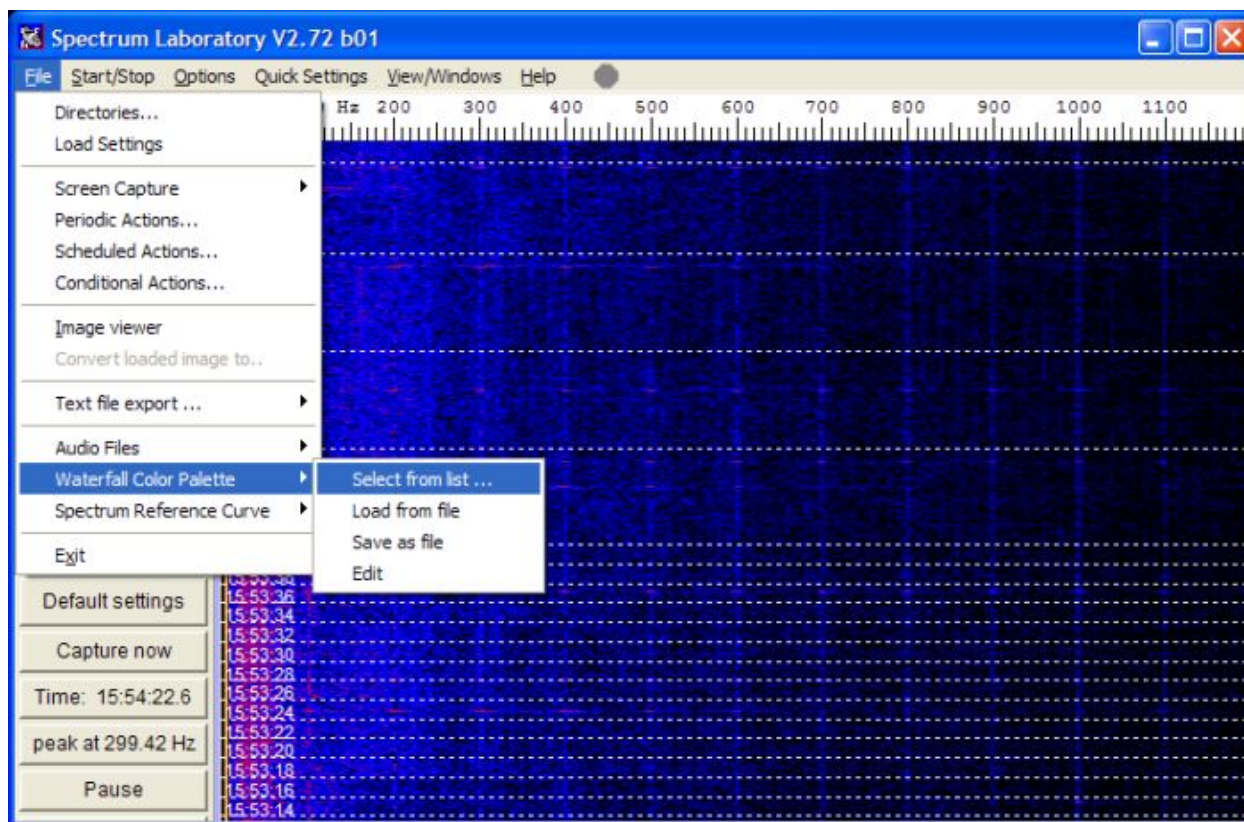


Рис.18 – Настройка палитры уровня входного сигнала.

В открывшемся окне кликнув мышкой по желаемой палитре, вы автоматически загрузите её. На основе собственного опыта советую выбрать палитру “**sunrise**” – при этом можно получать контрастные изображения, не «пережигая» сильные сигналы и не пропуская слабые.

## Использование скриптов для детектирования бурстеров и ведения log-файлов

Среди несомненных преимуществ по сравнению с остальными программами, пригодными для детектирования радиометеоров, SpectrumLab выделяет свой собственный скриптовый язык. Эта возможность, с одной стороны, открывает огромные возможности по созданию собственных алгоритмов детектирования, настройки программы, записи и конвертирования звукового потока и много другого, однако с другой стороны является сдерживающим фактором к использованию всей мощности программы, т.к. язык этот не так прост. Попробуем всё же рассмотреть основные моменты создания скрипта для детектирования ТВ-бурстеров.



Для вызова окна редактирования скриптов, нужно зайти в основное меню “File” → “Conditional Actions”. Откроется окно редактора (Рис. 19).

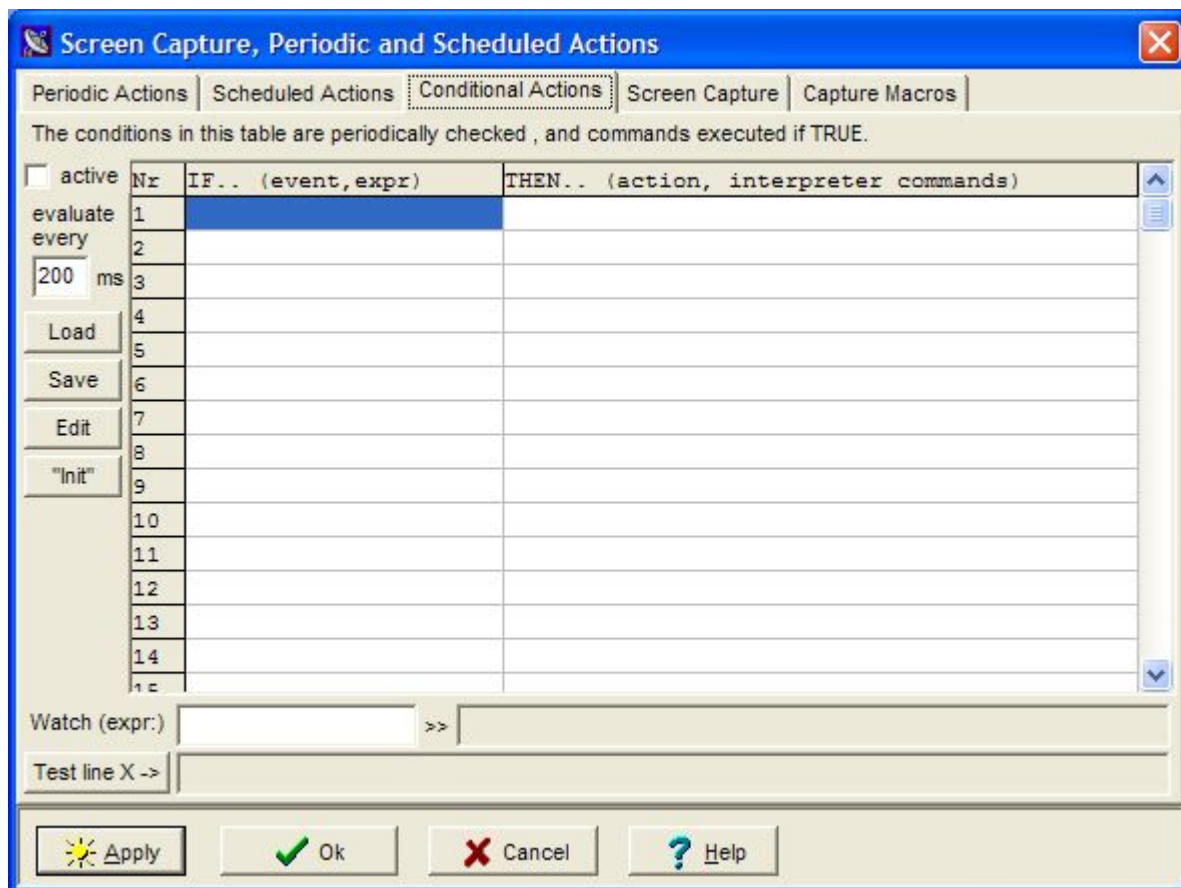


Рис.19 – Настройка панели выполнения скриптов.

#### Основные принципы создания скриптов:

Вы определяете некоторые «события» (достижение сигнала определённого уровня и т.д.) в таблице слева, а справа прописываете программе что она должна делать в случае наступления такого события (т.е. работает логическая схема «ЕСЛИ... ТО...»). Левая колонка называется IF, правая – THEN.

Эти условия периодически проверяются на истинность (т.е. проверяется – выполняются ли записанные условия слева в определённые моменты времени). Период проверки задаётся параметром временем “**evaluate every**”, которое задаётся в миллисекундах. Типичное значение – 200 мс, но это время можно и уменьшить. **Нужно лишь следить за тем, чтобы в процессе выполнения скрипта загрузка процессора не достигала 100%!**

Реакцией на событие (прописанное в левой колонке IF) может быть выполнение нескольких реакций, разделённых двоеточием (“:”). Например:

**if peak\_a(900,1200)>-10 then N=N+1: capture**

означает, что при достижении сигналом амплитуды большей -10 дБ переменная N будет увеличена на единицу и после этого будет произведён мгновенный снимок экрана (скриншот).

Пример рабочего скрипта приведён на Рис. 20.

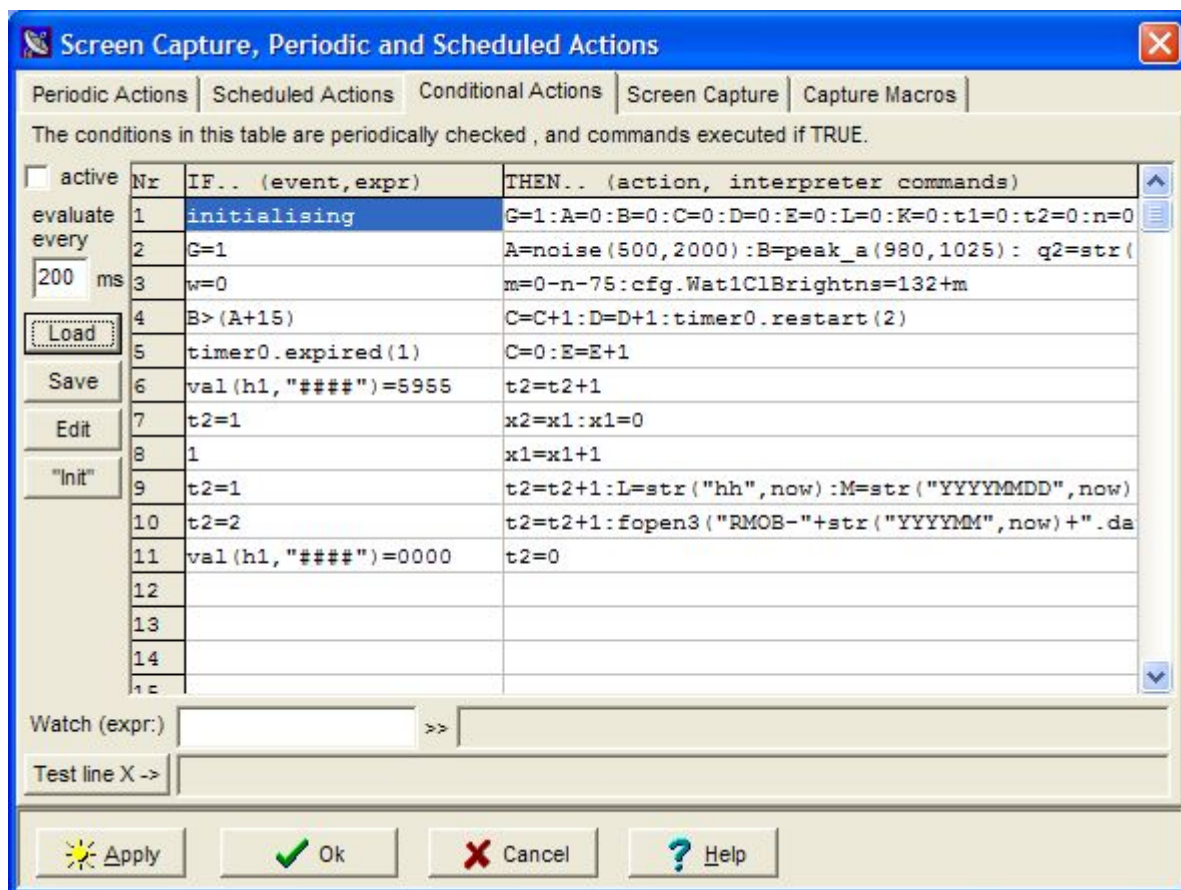


Рис. 20 – Пример макроса для детектирования TV-бурстеров и записи log-файла метеорной активности.

Сразу следует отметить, что писать скрипты можно не через окно редактора скриптов (Рис. 19), а в обычном текстовом редакторе. События, которые должны записываться в левую колонку IF редактора скриптов, описаны в скрипте после слов **if**, реакции на события, которые должны писаться в правую колонку THEN, описываются в строках после слов **then**.

Например:

if( initialising ) then b=0:L=0:D=0:N=0

при запуске скрипта обнуляются параметры **b**, **L**, **D**, **N**.

Краткий список параметров, которые могут встречаться в блоке IF:

- **initialising**

Флаг инициализации скрипта. Этим параметром начинается любой скрипт. Он равен «1», если программа SpectrumLab запущена.

- **terminating**

Дополнительный к initializing флаг. Равен «1» при выходе из программы. Его можно использовать, например, для того, чтобы запускать bat-файл, который будет отсылать на внешний сайт сообщение об остановке отображения спектрограмм в режиме реального времени (в случае организации размещения спектрограмм в сети INTERNET в режиме реального времени).

- **always**

Этот флаг постоянно имеет состояние логической единицы (т.е. истинности). Его удобно использовать, например, для задания вычисления некоторых параметров только один раз, а не несколько раз – при наступлении нового цикла проверки условий выполнения скрипта.

- **never**

Этот параметр всегда равен логическому нулю (ЛОЖЬ), т.е. любые вычисления в соответствующей ему колонке THEN не будут выполняться. Его удобно использовать при закомментировании некоторых строк в процессе тестирования скрипта.

- **else**

Возвращает значение ИСТИНА, если условие в предыдущей строке не выполнилось, и значение ЛОЖЬ, если условие в предыдущей строке выполнилось. Удобный оператор выбора условий.

- **timerX.expired** (где X – номер таймера, 0...19)

Возвращает значение ИСТИНА, если пользовательский таймер остановился. В противном случае возвращает значение ЛОЖЬ. По умолчанию таймер остановлен.

- **timerX.value**

Возвращает значение времени (в секундах), которое осталось до остановки таймера. Нуль означает, что таймер остановлен либо никогда не запускался.

Краткий список параметров и команд, которые наиболее часто используются в блоке THEN:

1). **timerX.start(<интервал>)**. Запуск одного из 20 пользовательских таймеров (X=0..19). Интервал (время работы) задаётся в секундах. Если данный таймер уже запущен, то ничего не произойдёт.

2). **timerX.restart(<interval>)**. Перезапуск таймера номера X.

3). **timerX.periodic(<interval>)**. Запуск таймера с постоянный перезапуском после истечения установленного интервала времени.

4). **capture**. Сохранение скриншотов.

Например команда:

```
capture("p"+str("YMMDDhh",now)+" .jpg")
```

сохраняет скриншот как JPEG-файл с именем, определяемым текущей датой и временем.

5). **print**. Печатает строковые выражения и численные значения в одну строчку.

Синтаксис:

```
print( Argument1, Argument2, ...)
```

Аргументы могут быть как численные, так и строковые. Аргументы отделяются запятыми или точкой с запятой (**но не двоеточием!**).

Примеры:

Выражения вида

```
1. print("date="+str("DD-MM-YYYY",now), "time="+str("hh:mm:ss",now) )
2. print(1/3):print("OK?")
3. print(str("0.#####",1/3),".. 17 decimal places !")
4. print("fo=",1/(2*pi*sqrt(1.22e-3*1114e-12)), "Hz")
5. print(val("2001-11-05 22:00:00", "YYYY-MM-DD hh:mm:ss"))
```

дают результат:

```
1. date=17-09-2001 time=19:01:01.
2. 0.333
   OK?
3. 0.3333333333333332 .. 17 decimal places !
4. fo= 136520.422 Hz
5. 1004997600
```

Значение результата из пункта 5 – число секунд, прошедших с 1 января 1970 г., с 00:00:00 (есть такой стандарт).

6). **fopen** ( <filename> [, <open-mode>] )

Открытие или создание файла на диске. Параметр “open-mode” – однобуквенный:

r : Открытие файла только для чтения.

w: Создание файла для записи. Если файл с таким именем уже существует, он будет переписан. Будьте внимательны!

a: Открытие файла для дозаписи информации в его конец, или создание файла, если он не существует.

По умолчанию выставляется параметр “w”.

Если вы хотите открыть больше одного файла, то используйте цифры 0..9 сразу после функции `fopen`:

```
fopen0("file_one.txt")  
fopen1("file_two.txt")
```

Важно отметить: при задании пути к файлу, вместо одного слеша (\) нужно использовать два:

```
fopen("c:\\share_test.txt",w)
```

7). **fclose**. Заккрытие файла. **Никогда не забывайте закрывать файлы после записи в них информации – иначе информация будет потеряна!**

8). **fprint( Argument1, Argument2, ... )** или **fp()**

Запись информации в файл. После записи текста прописываются символы окончания строки и перевода каретки, т.е. дальнейшая информация в файл будет писаться с новой строки.

9). **fwrite( Argument1, Argument2, ... )** или **fw()**

Запись информации в файл. После записи текста символы окончания строки и перевода каретки не прописываются, т.е. дальнейшая информация в файл будет писаться в той же строке.

При операциях открытия-записи-закрытия с несколькими файлами одновременно, нужно использовать цифры 0..9 сразу после соответствующих команд:

```
fopen0("file_one.txt")  
fopen1("file_two.txt")
```

```
        fopen3("LPT1")
        fp0("Hi, I am the first file.")
        fp1("This is the second file!")
        fp2("and this is the printer")
        fclose0
        fclose1
        fclose2
```

причём fopen0, fp0 и fclose0 относится к первому файлу, fopen1, fp1 и fclose1 относится ко второму файлу и т.д.

10). **exec**. Запуск внешних приложений по команде SpectrumLab, передаваемую в командный процессор (DOS для Windows вплоть до Win98 включительно, cmd для WinXP). Например, при записи WAV-файла его можно открыть для проигрывания во внешнем проигрывателе.

Например, чтобы запустить калькулятор в WinXP (это программа calc.exe) нужно прописать следующее:

```
exec("cmd /C calc.exe")
```

а чтобы запустить некую программу, хранящуюся на диске G в каталоге \WINSCOPE и имеющую имя WINSCOPE.EXE нужно прописать:

```
exec("cmd /C g:\\WINSCOPE\\WINSCOPE.EXE")
```

#### 11). **plot.capture("<filename.ext>")**

Сохранение текущих диаграмм из окна "Plot window" (см. ниже – History Plotter) как графические файлы (подобно скриншотам).

Примеры:

```
plot.capture("p"+str("YMMDDhh",now)+".jpg")
```

сохраняет диаграмму как JPEG-файл с именем, определяемым текущей датой и временем.

```
plot.capture("plotted.jpg",70)
```

Сохраняет диаграмму как JPEG-файл с качеством 70%.

Внимание: эта команда работает только в том случае, если окно “Plot window” запущено (при этом все окна могут быть свёрнуты).

#### 12). **avrg**

Вычисление среднего уровня сигнала. Складывает значения уровня сигнала со всех FFT-строк в указанном частотном диапазоне, делит эту сумму на число строк и возвращает полученное значение.

Синтаксис:

`avrg(Частота1, Частота2)`

С помощью этой функции можно вычислять отношение «сигнал/шум» – вместе с функцией `pose()`, которая вычисляет уровень шума. При этом для вычисления уровня шума надо брать полосу частот как минимум в 5 раз более широкую, чем при вычислении среднего уровня.

#### 13). **noise()**

Вычисление уровня шума.

Синтаксис:

`noise(Частота1, Частота2)`

#### 14). **now**

Функция возвращает значение текущего времени (включая дату) во внутреннем формате программы.

#### 15). **time**

Функция возвращает время, когда была рассчитана последняя строка FFT-спектрограммы. Значение определяется скоростью разворота FFT-спектрограммы, что отличает её от функции `now`.

#### 16). **peak\_a(Частота1, Частота2)**

Возвращает значение максимальной амплитуды сигнала в указанном частотном диапазоне Частота1..Частота2.

Пример:



peak\_a( 45, 1000)

вычисляет амплитуду пика в диапазоне 45 Гц – 1000 Гц.

17). **peak\_f(Частота1, Частота2)**

Возвращает значение частоты максимального пика в указанном частотном диапазоне Частота1..Частота2.

Пример:

peak\_f( 45, 1000)

вычисляет частоту пика в диапазоне 45 Гц – 1000 Гц.

18). **str()**

Конвертирует численное значение в строковое.

Пример:

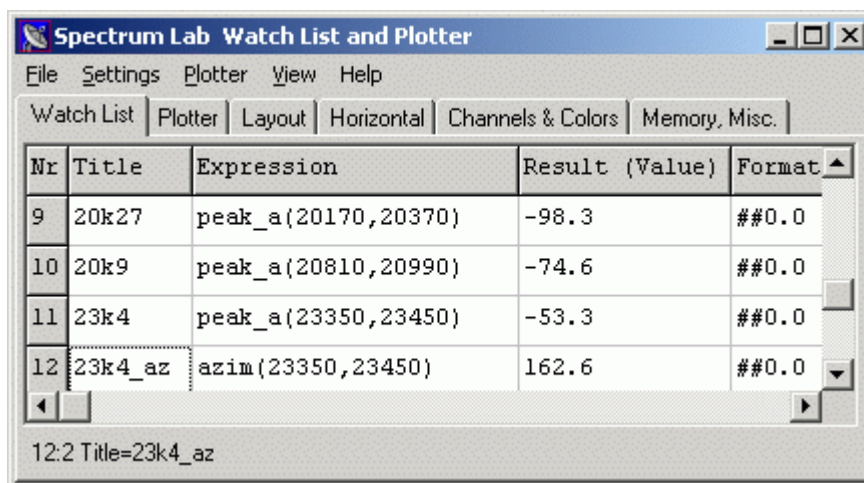
```
print("date="+str("DD-MM-YYYY",now), "time="+str("hh:mm:ss",now) )
```

записывает в поле FFT-спектрограммы строку вида:

```
date=12-09-2008  
time=23:10:34
```

## Окно “Plot window” (History Plotter) и “watch list”

**Watch list**: так называется таблица параметров, которые постоянно сканируются с заданным периодом. Это может быть амплитуда сигнала в заданном частотном диапазоне, его частота, уровень шума и т.д. Настройка этой таблицы осуществляется из главного меню “View/Windows” → “Watch List & plot window”. После выбора этого пункта меню появится окно Watch List с таблицей сканируемых параметров:

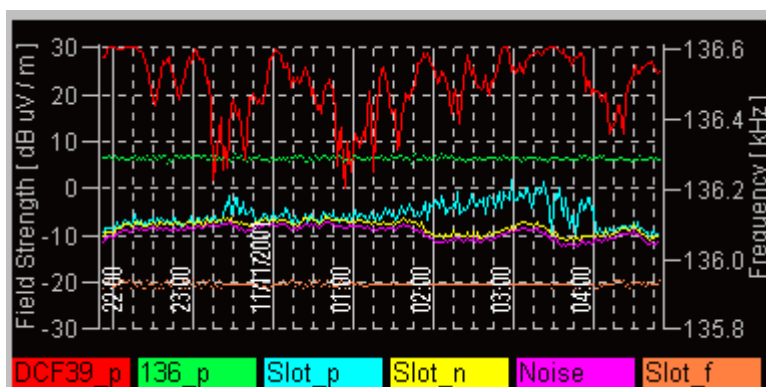


Nr	Title	Expression	Result (Value)	Format
9	20k27	peak_a(20170,20370)	-98.3	##0.0
10	20k9	peak_a(20810,20990)	-74.6	##0.0
11	23k4	peak_a(23350,23450)	-53.3	##0.0
12	23k4_az	azim(23350,23450)	162.6	##0.0

12:2 Title=23k4\_az

Выражения в колонке “Expressions” понятны из вышеизложенных примеров скриптовых функций и процедур. Содержание всех колонок можно редактировать – по двойному клику мыши.

**History Plotter**: название говорит само за себя. Это графическое окно, в котором в режиме реального времени отображаются в виде кривых параметры, считываемые в “Watch List”. Для открытия этого окна нужно из закладки с таблицей “Watch List” перейти на соседнюю закладку “Plotter”.



Снизу помещается легенда, названия для которой берутся из столбца “Title” закладки “Watch List”. Настройка периода пересчёта параметров и координатные сетки настраиваются в закладке “Horizontal”, настройка цветов кривых – в “Channels & Colors”, в закладке “Memory, Misc” – настройка размера буфера памяти и буферного файла, в закладке “Export” – настройка экспортирования сканируемых параметров в текстовый файл при каждом пересчёте параметров. В закладке “Layout” настраиваются подписи осей и источник звукового потока. Все настройки сходны с уже описанными для основной спектрограммы программы.

History Plot – очень удобная вещь. Применяя скриптовые выражения, на его поле можно передавать значения часовой активности метеоров, уровень шума и т.д. (ведь период пересчёта можно поставить и 1 минуту, и 10 минут – скорость разворота амплитудно-временной спектрограммы будет

разная). Особенно удобно, что это окно работает независимо от основного окна спектрограммы, поэтому можно одновременно строить графики суточной активности (с малым временным разрешением), в то время как в основном окне программы идёт детектирование сигналов. Путём применения скриптовой команды **plot.capture()** можно сохранять скриншоты и plotter'а – как отдельные файлы, для последующего анализа или размещения на web-сайте.