

Игорь Тихомиров Москва СВАО

Прослушивание музыки с помощью наушников
Или почему наушники звучат по разному

На интернет форумах, в среде крутых аудиофилов, не утихают споры об особенностях звучания разных моделей наушников. Причем один аудиофил готов, с пеной у рта, доказывать преимущество звучания одной модели, а другой аудиофил с таким же усердием будет доказывать, что эта модель полное г...но. Дело иногда доходит до драки, хорошо, что это чаще всего происходит в виртуальной форме. Давайте попробуем разобраться, почему одни и те же наушники могут нравиться одним и не нравиться другим.

А действительно почему? Для ответа на этот вопрос придется напрячь, нет не свои уши, а другой человеческий орган, головной мозг. Ведь будет необходимо разобраться в том, как у человека происходит формирование звукового образа при прослушивании музыкальных фонограмм с помощью разных технических средств. И тут мы выясним, что механизмы формирования звукового образа при прослушивании аудио фонограмм с помощью наушников в корне отличается от тех, к которым мы привыкли в повседневной жизни (индивидуумы не расстающиеся с наушниками круглосуточно в расчет не берутся). Чем именно различается? Остановимся на двух основных моментах, а именно, как происходит пространственное разделение источников звука и как формируется тональный баланс? **Главную роль в формировании звукового образа в естественных условиях играет так называемый "Бинауральный слух".** Подробнее об этом явлении можно прочесть на стр. 145...154 [1].

Цитата из книги [1]:
Наличие двух приемников слуха обеспечивает человеку возможность воспринимать пространственный звуковой мир и оценивать перемещение звуковых сигналов в пространстве.

Да хрен с ним с пространством. Об этом вроде меньше спорят. Давайте поговорим о тональном балансе. Рассмотрим, в начале, "нормальный" способ прослушивания музыки. Речь идет о прослушивании аудио записей через стерео АС (акустическая система или колонка). Чтобы не говорить об особенностях внутренней структуры человеческих органов слуха и тем более об процессах происходящих в мозге, давайте упростим задачу. А именно, используем для наших рассуждений "искусственную голову" с двумя микрофонами и средства объективного контроля параметров электрических сигналов. В качестве источника электрического аудио сигнала, для начала, используем звуковой генератор. Давайте подадим сигнал на один из каналов стерео системы. Как нетрудно понять, сигнал с одной из АС, допустим левой, достигнет левого и правого микрофона искусственной головы с соответствующей задержкой обусловленной конечной скоростью распространения звука (скорость звука в воздухе составляет около 335 м/сек). Причем левого уха звуковая волна достигнет несколько быстрее, чем правого. Поскольку мы используем монохроматический сигнал, то можно использовать кроме понятия задержка (для сложного музыкального сигнала обычно используют понятие "групповое время задержки"), понятие фаза.

Разность фаз между сигналами левого и правого микрофонов, в зависимости от частоты, будет различной. На низких частотах разность фаз будет незначительна, но с повышением частоты она будет увеличиваться, достигнув на некоторой частоте значения 180о. Если просуммировать сигналы микрофонов искусственной головы и измерить напряжение полученного суммарного сигнала то мы обнаружим , что это напряжение зависит от частоты.

А теперь давайте посмотрим, что будет если на искусственную голову одеть наушники. Понятно, что при этом звуковая волна будет излучаться только левым наушником и, соответственно, электрический сигнал будет только на выходе левого микрофона искусственной головы. Естественно никакой частотной зависимости напряжения суммарного сигнала мы, в этом случае, не обнаружим.

Давайте рассмотрим процесс прослушивания музыкального стерео аудио-сигнала. Если прослушивание ведется с помощью АС, то аудио сигналы обоих каналов попадают на левое и правое ухо с соответствующими задержками (если говорить о частотных компонентах, с соответствующими фазами). Сложение компонентов акустического стерео сигнала происходит, как бы, на входе в ушные раковины (или, если угодно, на входе в соответствующий микрофон). Причем, на формирование звукового образа влияет не только то, с какой задержкой дошла акустическая волна до соответствующего уха, но и другие факторы. В частности, для конкретного человека, имеет значение форма головы и ушей. Система голова-уши образуют частотный фильтр с индивидуальной, для каждого, человека АЧХ (амплитудно-частотная характеристика) . Одев наушники Вы, выше описанный (с некоторыми упрощениями), естественный механизм формирования звукового образа исключаете. Теперь сигналы каждого канала попадает только в свое ухо, естественно, с нулевой задержкой друг относительно друга. При этом "сложение" сигналов стерео каналов происходит, как бы, непосредственно в мозге. **Естественно при этом полностью нарушается не только "стерео панорама" (что большинству понятно), но и при линейной АЧХ наушников, тональный баланс. Поэтому, чтобы звук наушников сделать похожим на колоночный хотя бы по тональному балансу, АЧХ аудиофильских наушников корректируют.** Один из вариантов коррекции это АЧХ Хармана (зеленая кривая на графике рис.1), при которой неравномерность звукового давления наушников в полосе пропускания составляет 20 дБ.

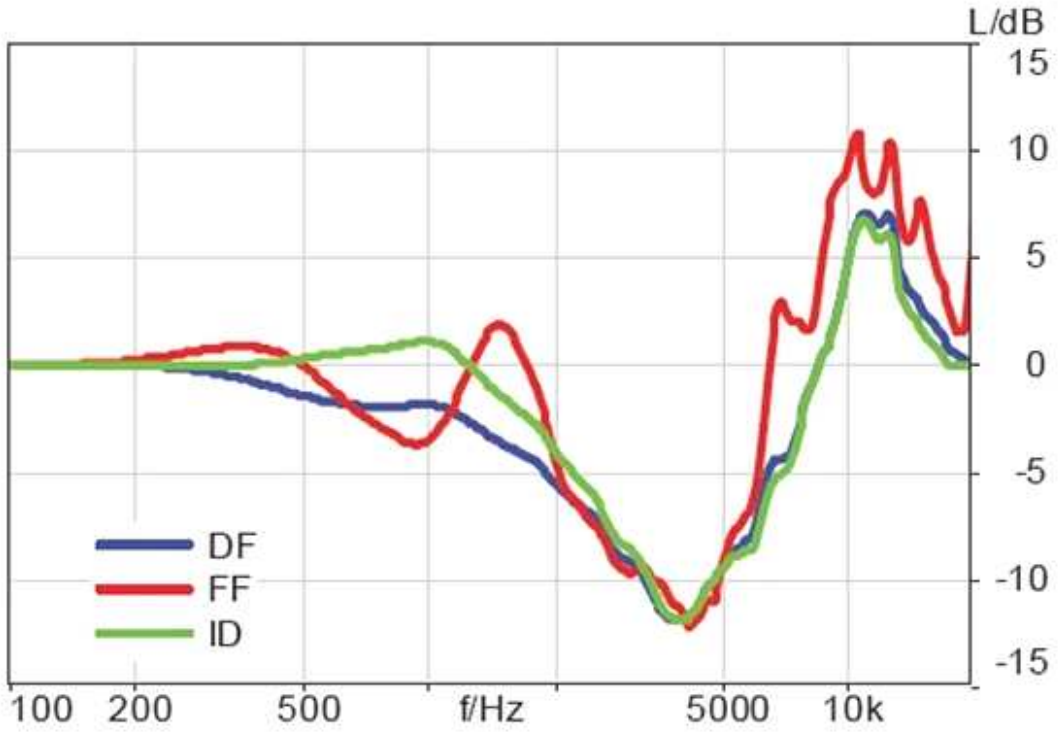


Рис.1

Но штука состоит в том, что коррекция АЧХ должна быть для разных людей существенно разной. У меня есть наушники имеющие АЧХ близкой к варианту Хармана.
Это Sennheiser HD700. Я их без частотной коррекции слушать не могу.

Кроме того, для создания иллюзии звукового псевдо-объема, акустическое оформление или сам излучатель наушников иногда делают таким образом, чтобы в результате получить эффект "послезвучия". Как конкретный человек будет воспринимать подмену естественного механизма формирования звукового образа на альтернативный заранее предсказать невозможно. Более того, музыка одного жанра конкретным человеком в конкретных наушниках может восприниматься положительно, а музыка другого жанра отрицательно. **Именно поэтому разные модели аудиофильских наушников, даже одной фирмы, делают звучащими по разному.**

Исходя из выше написанного можно сделать вывод. Аудиофильские наушники следует выбирать исключительно под себя и чужих советов не следует слушать.

Можно возразить, ведь существуют бинауральные записи, т.е. записи сделанные при помощи "искусственной головы", специально предназначенные для прослушивания в наушниках. Но чаше всего "бинауральные записи" получают при помощи обработки (естественно в "цифре") обычного исходника. Сводят (есть такой звукорежиссерский термин) такие записи контролируя процесс , естественно, в наушниках. Бинауральные записи могут передавать не только стерео панораму, но и объем звукового образа. Вот только штука состоит в том, что адекватно слушать подобные произведения звукорежиссуры можно только в тех наушниках, в которых производилось "сведение", да и то с оговорками. **Дело в том, что в отличии от АС, стандарта хотя бы на АЧХ аудиофильских наушников, не существует.**

Наверное я нарисовал очень грустную картину. По всем раскладам получается, что одев любые наушники Вы,практически во всех случаях, слушаете некий альтернативный звук. Вы спросите, а как же быть? Ведь наушники в некоторых ситуациях незаменимы. **К счастью есть другой способ прослушивания музыки через наушники, а именно использование звуковых процессоров (программ) имитирующих задержки и смешивание сигналов в ушах, таким образом, как это происходит при задействовании механизма "бинаурального слуха". Только следует учесть, что большинство крутых аудиофильских наушников для такого использования не годятся.** Для работы с звуковыми процессорами, имитирующими бинауральный слух, пригодны наушники у которых более менее равномерная АЧХ (измеренная с использованием искусственной головы) и отсутствуют или сведены к минимуму, разного рода, технические примочки служащие для создания эффекта "расширенного сознания".

Какой функционал должен иметь такой процессор? Очевидно он должен уметь по крайней мере две вещи, а именно:
1. Имитировать бинауральный слух, то есть обеспечивать перекрестное смешивание сигналов стерео каналов с соответствующими задержками;
2. Иметь возможность коррекции АЧХ аудио каналов для адаптации аудио тракта к особенностям слухового восприятия конкретного слушателя.

Начать можно с простого варианта. Если Вы пользуетесь foobar2000, то для реализации первого пункта можно воспользоваться компонентом "Bauer Stereo-to-Binaural", а для реализации второго пункта штатным эквалайзером foobar2000.

О выборе наушников. Рекламировать какое либо конкретное изделие в рамках этой статьи не стоит, поэтому ограничусь общими рекомендациями. Возьмем для примера два типа уже не выпускающихся наушников Sennheiser HD700 и Sennheiser HD650. АЧХ Sennheiser HD700 представлена на рис.2.

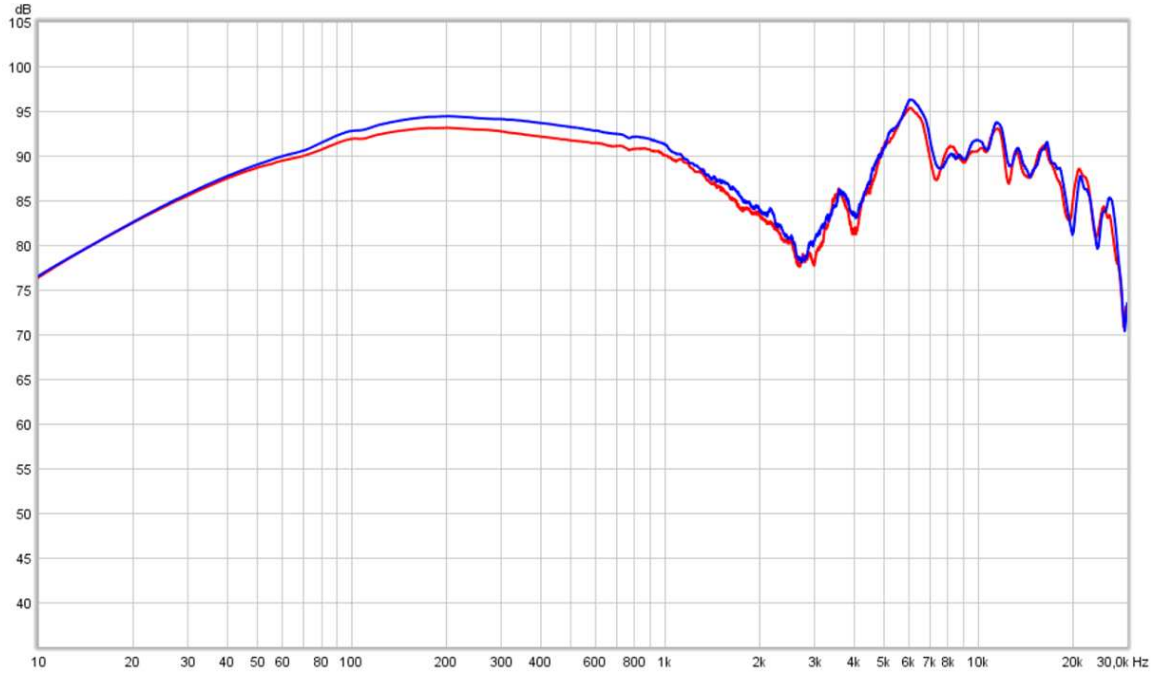


Рис.2

Sennheiser HD700 это пример наушников с глубокой коррекцией АЧХ. А вот пример наушников с незначительной коррекцией АЧХ, а именно Sennheiser HD650. АЧХ 650-х представлена на рис.3.

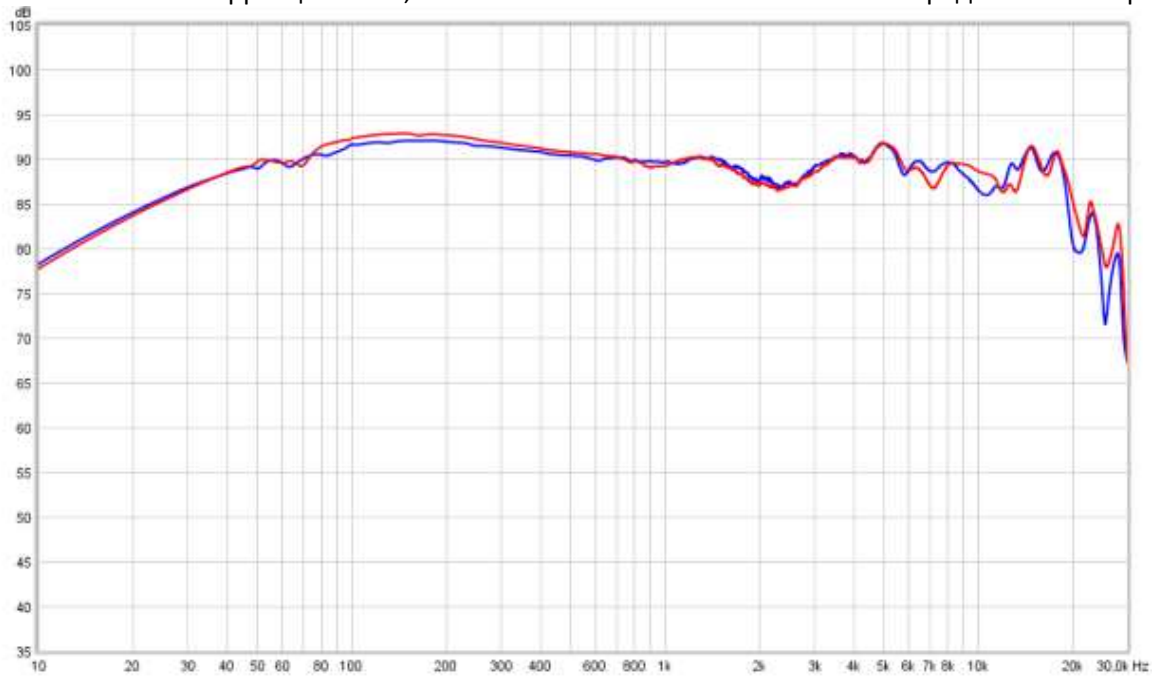


Рис.3

Как говорится почувствуйте разницу. **Очевидно, что первые наушники вряд ли можно использовать с бинауральным процессором. Перекрестное смешивание сигналов стерео каналов с задержками будет формировать АЧХ на входах в уши, так как бы это было при использовании АС. Если АЧХ наушников сильно скорректирована, то в этом случае на средних частотах будет слышен огромный провал.** Придется делать глубокую обратную коррекцию АЧХ, что естественно нам не к чему.

Как откорректировать АЧХ аудиотракта в соответствии с особенностями слуха конкретного человека? Если у Вас есть стереокомплекс с АС, то можно поступить следующим образом.

Последовательно слушая фрагменты какого нибудь хорошо знакомого музыкального произведения через АС и наушники (естественно с включенным бинауральным процессором и эквалайзером), при прослушивании трека через наушники, с помощью эквалайзера foobar2000 необходимо добиться тонального баланса, такого какой был при использовании АС. Полученную, для данного типа наушников, настройку эквалайзера необходимо запомнить записав соответствующий файл. Если воспользоваться стереокомплексом с АС нет возможности, то настройку АЧХ с помощью эквалайзера можно проделать ориентируясь на свои ощущения.

Надеюсь, что представленная статья в какой то мере ответила на вопрос, почему наушники звучат по разному. И главное предложен вариант дающий возможность более менее адекватно слушать музыку с использованием наушников.

Литература:

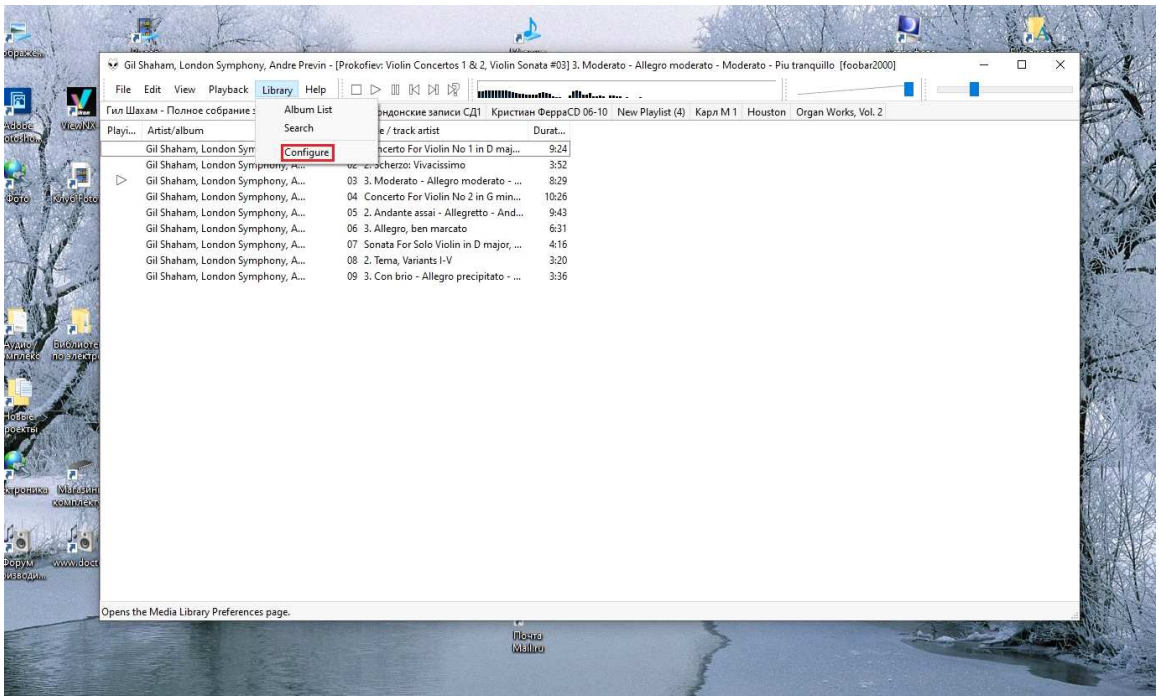
[1] И. Алдошина, Р. Приттс Музыкальная акустика

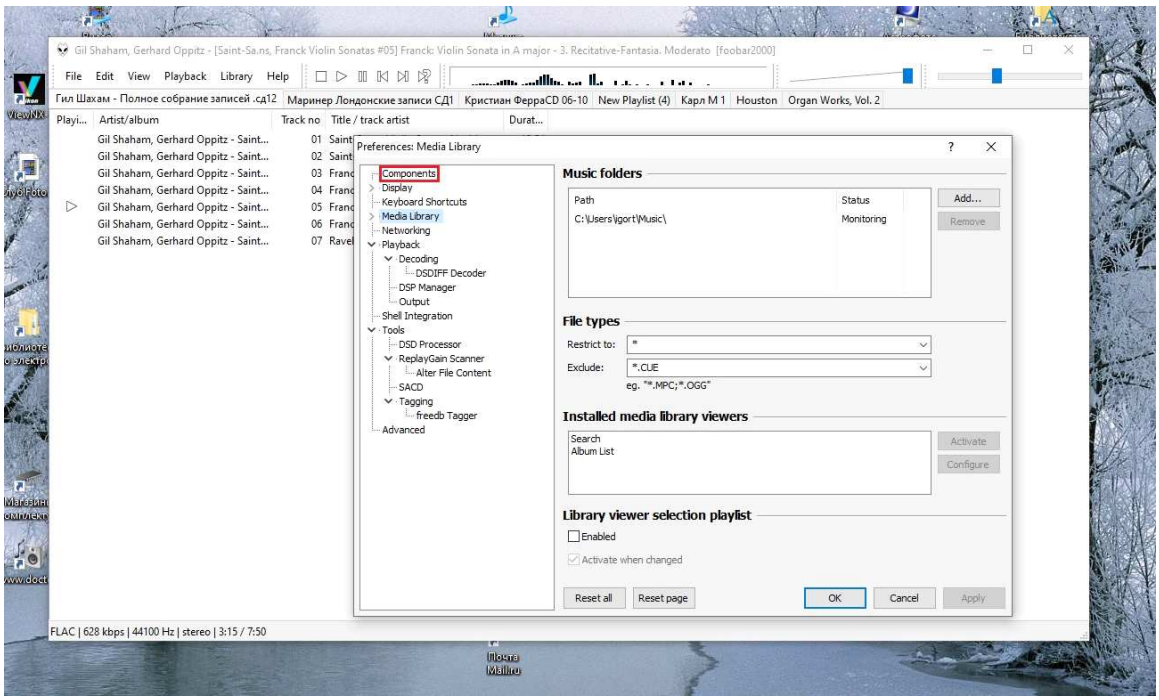
Приложение: **Настройка foobar2000**

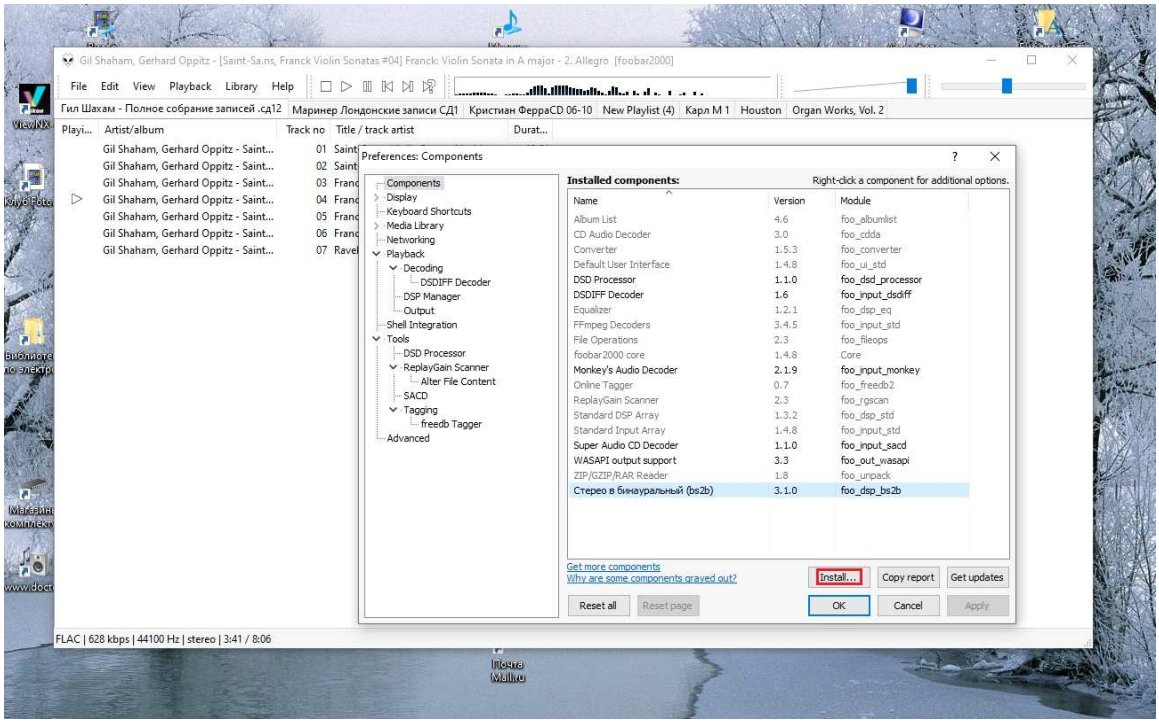
Прежде всего необходимо установить компонент **Bauer stereophonic-to-binaural DSP (bs2b)**. Его скачать можно отсюда https://yadi.sk/d/9TfQWFrak98Dv.

В папке "Program files" необходимо найти папку "foobar2000". Скаченный файл нужно переписать в папку "components" этой папки.

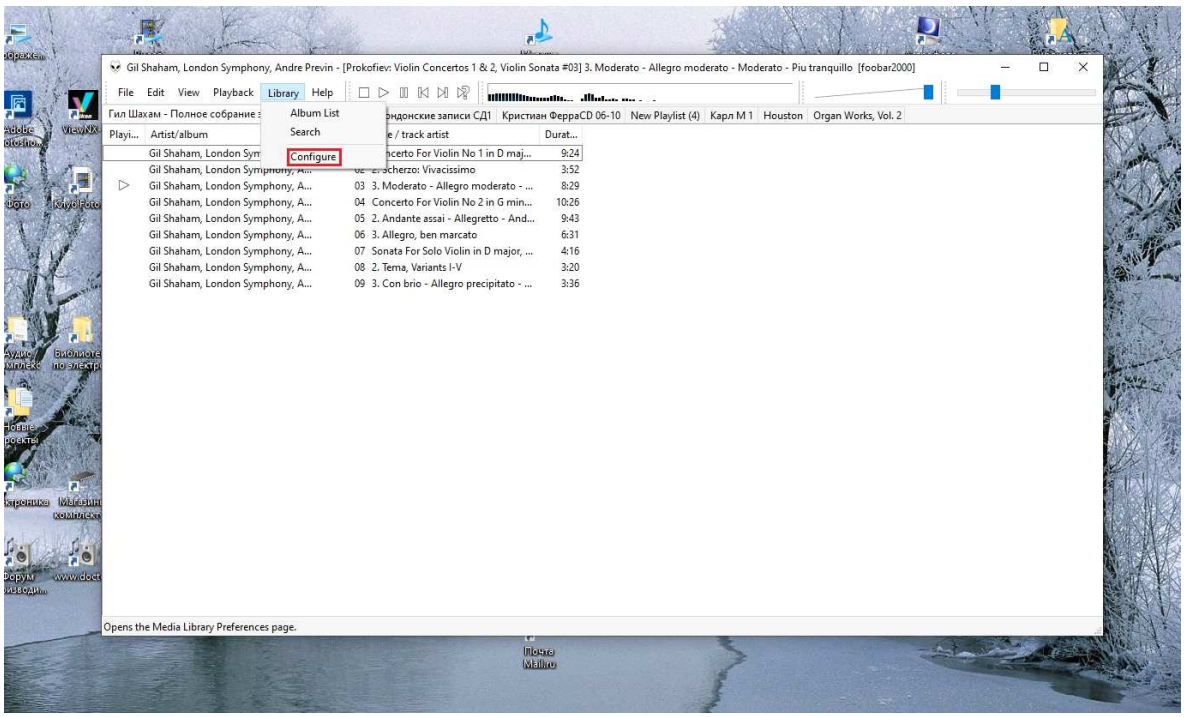
1-й шаг - инсталяция компонента Bauer stereophonic-to-binaural DSP (bs2b).

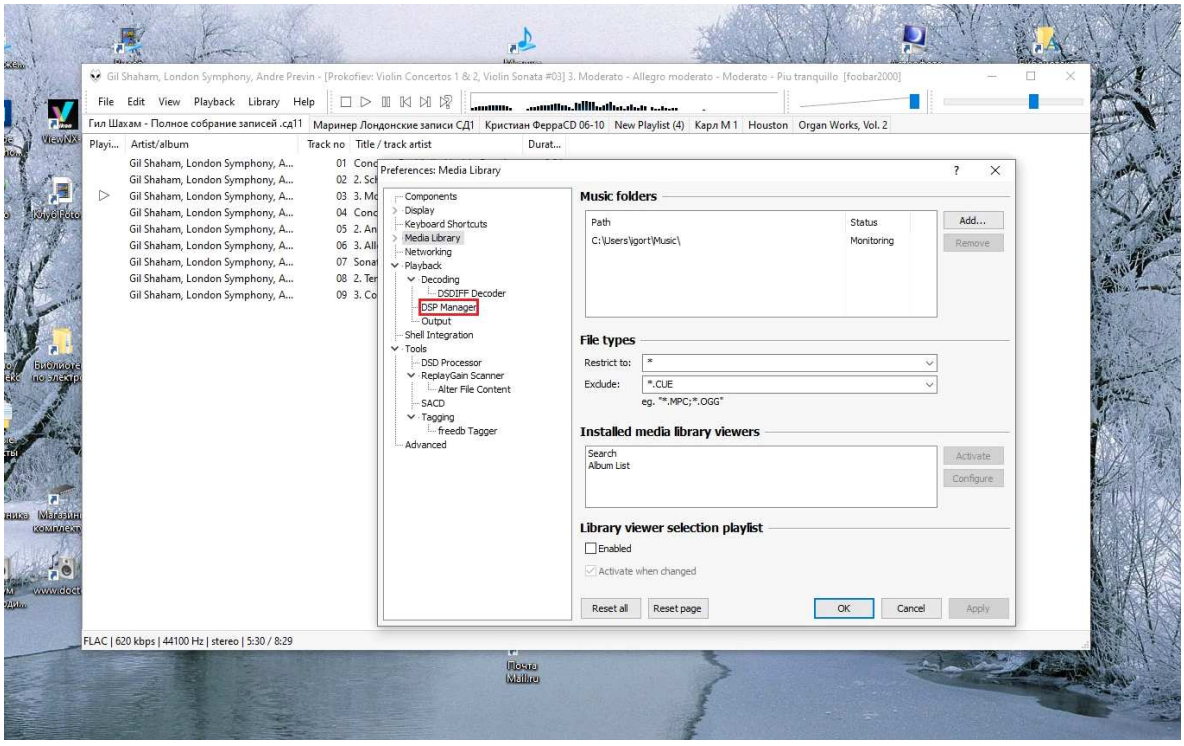


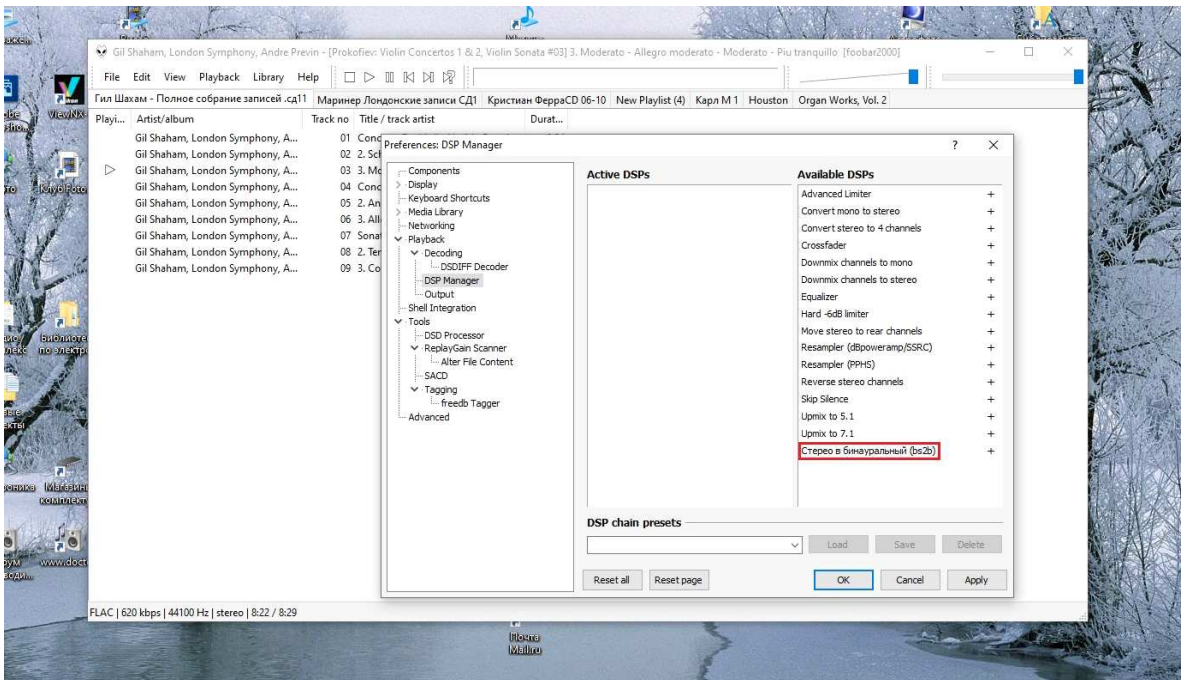


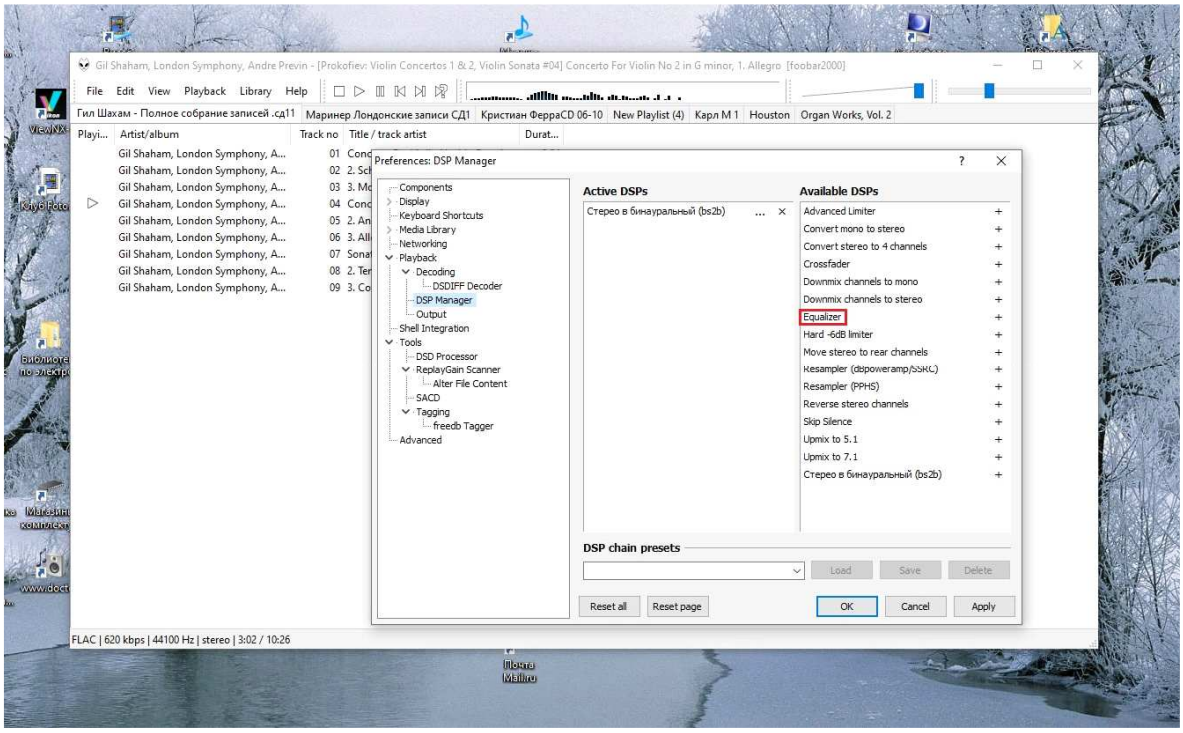


2-й шаг - конфигурация foobar2000.

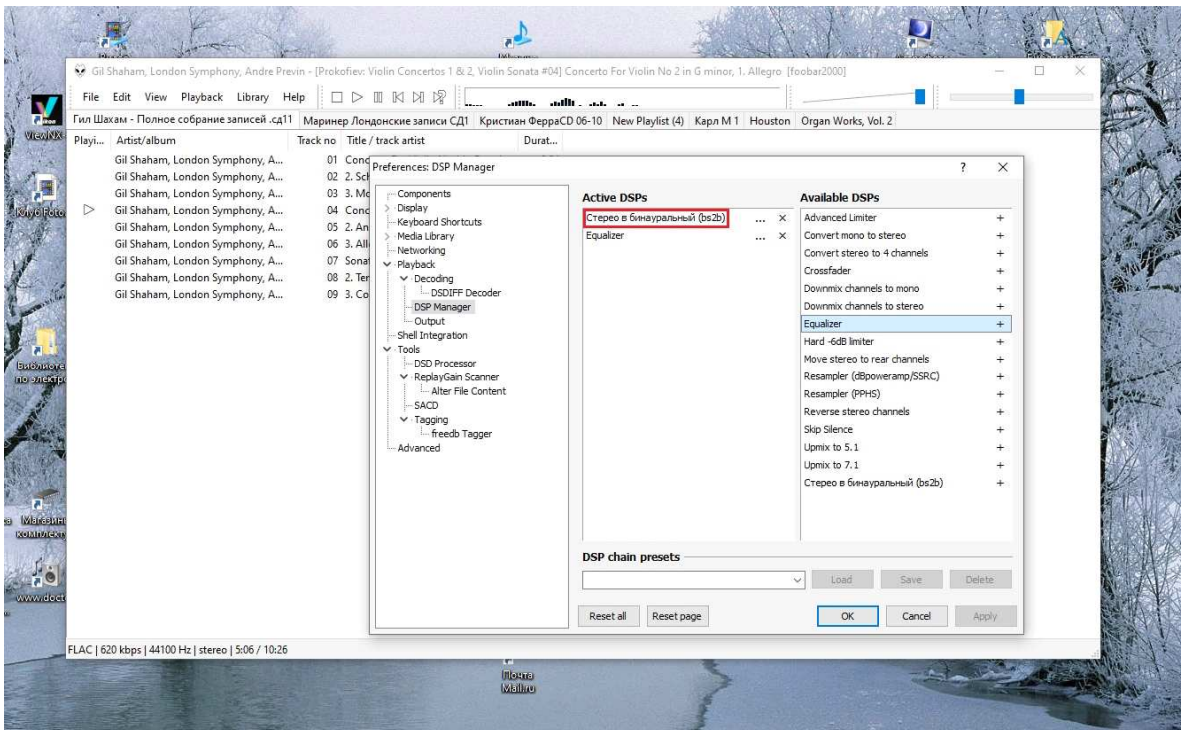

Gil Shaham, London Symphony, Andre Previn - [Prokofiev: Violin Concertos 1 & 2, Violin Sonata #03] 3. Moderato - Allegro moderato - Moderato - Piu tranquillo [foobar2000]
File Edit View Playback Library Help
Album List
Search
Configure
Opens the Media Library Preferences page.

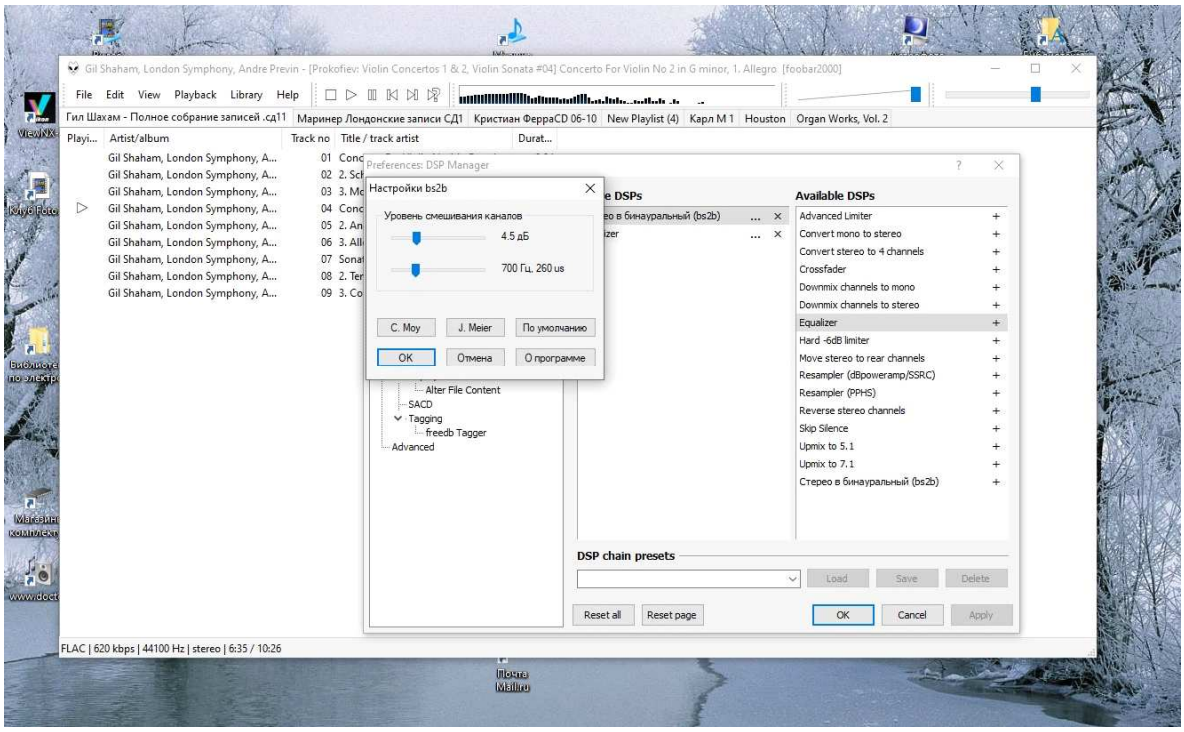

Preferences: Media Library
Components
Display
Keyboard Shortcuts
Media Library
Networking
Playback
Decoding
DSDIFF Decoder
DSP Manager
Output
Shell Integration
Tools
DSD Processor
ReplayGain Scanner
Alter File Content
SACD
Tagging
freedb Tagger
Advanced
Music folders
Path
Status
C:\Users\igort\Music\
Monitoring
Add...
Remove
File types
Restrict to:
Exclude:
*.CUE
eg. "*.MPC;*.OGG"
Installed media library viewers
Search
Album List
Activate
Configure
Library viewer selection playlist
Enabled
Activate when changed
Reset all
Reset page
OK
Cancel
Apply
FLAC | 620 kbps | 44100 Hz | stereo | 5:30 / 8:29





3-й шаг - настройка компонента Bauer stereophonic-to-binaural DSP.

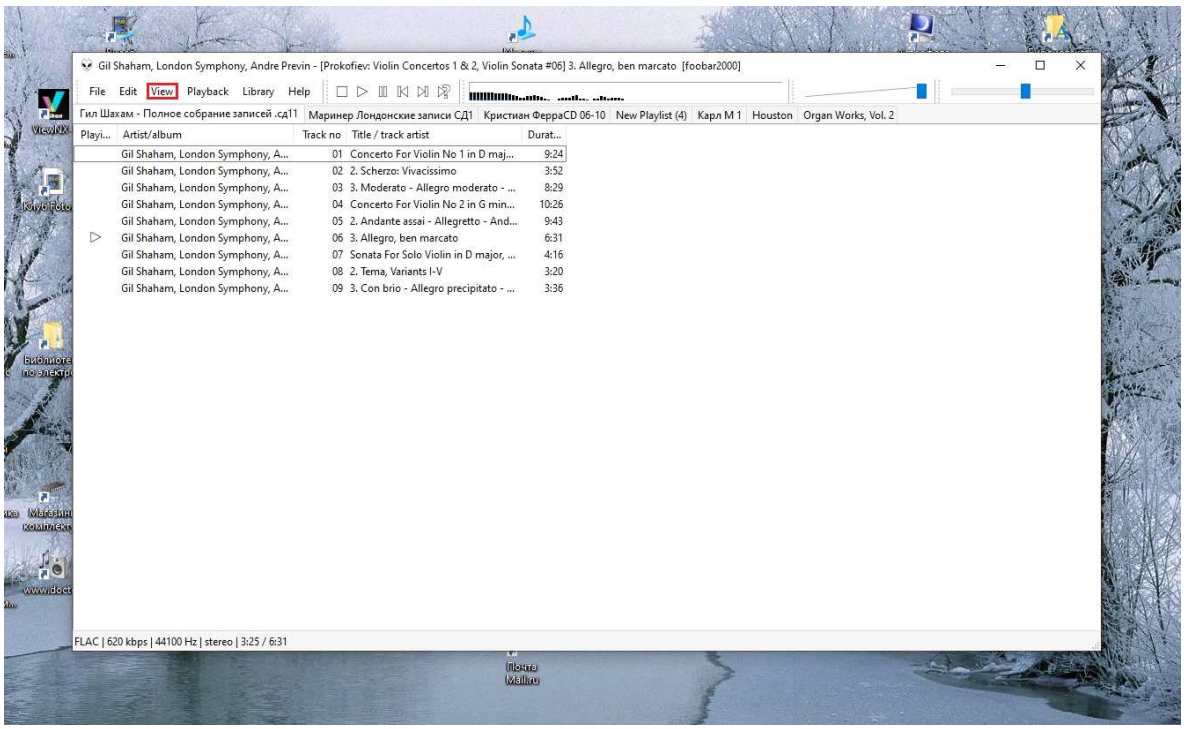


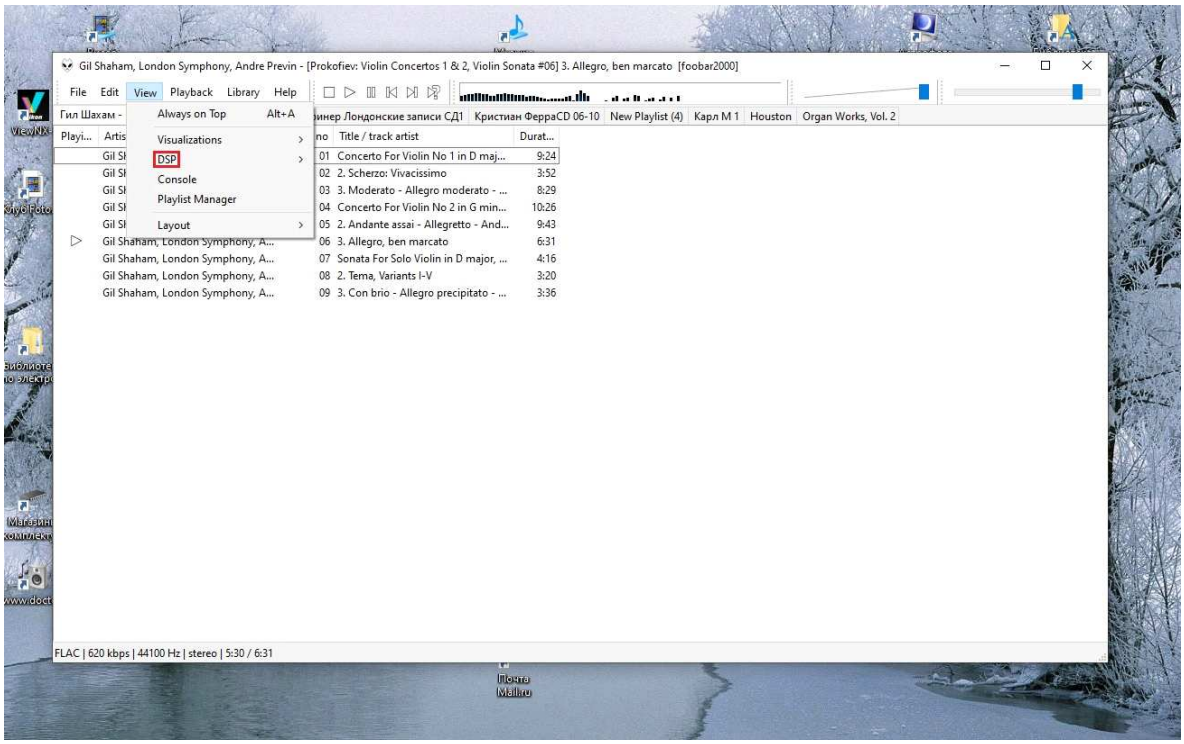


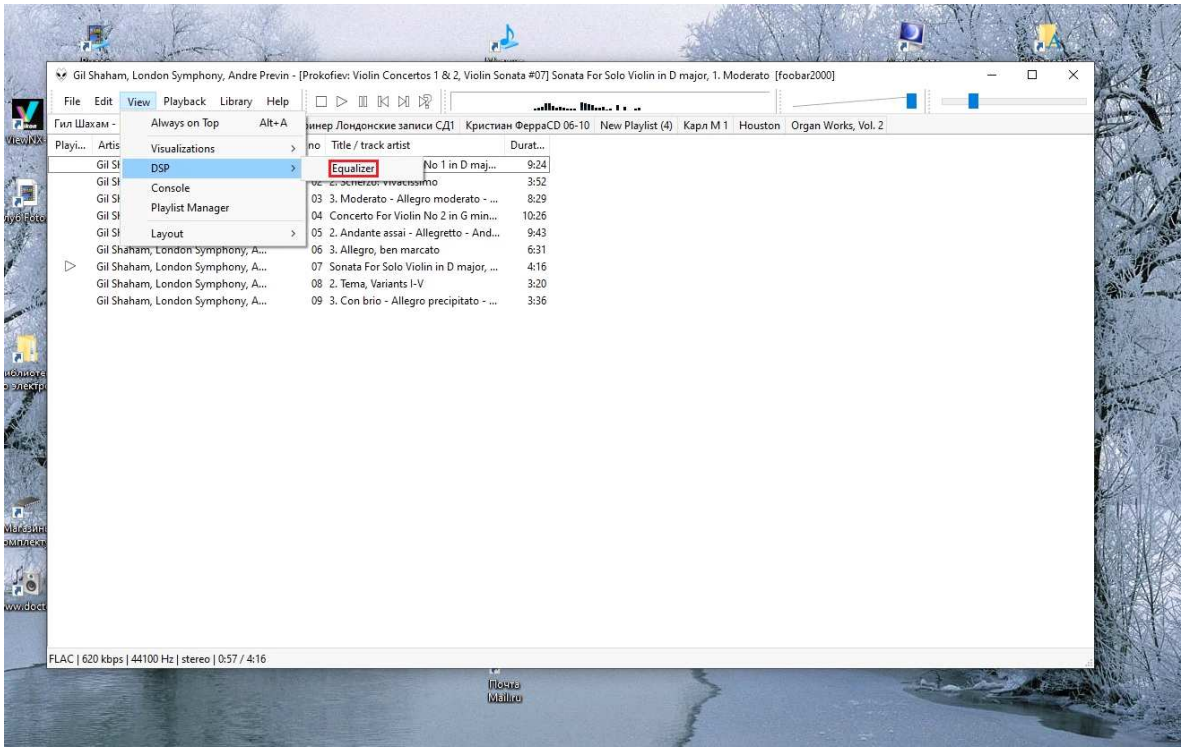
Настройки Bauer stereophonic-to-binaural DSP (bs2b):

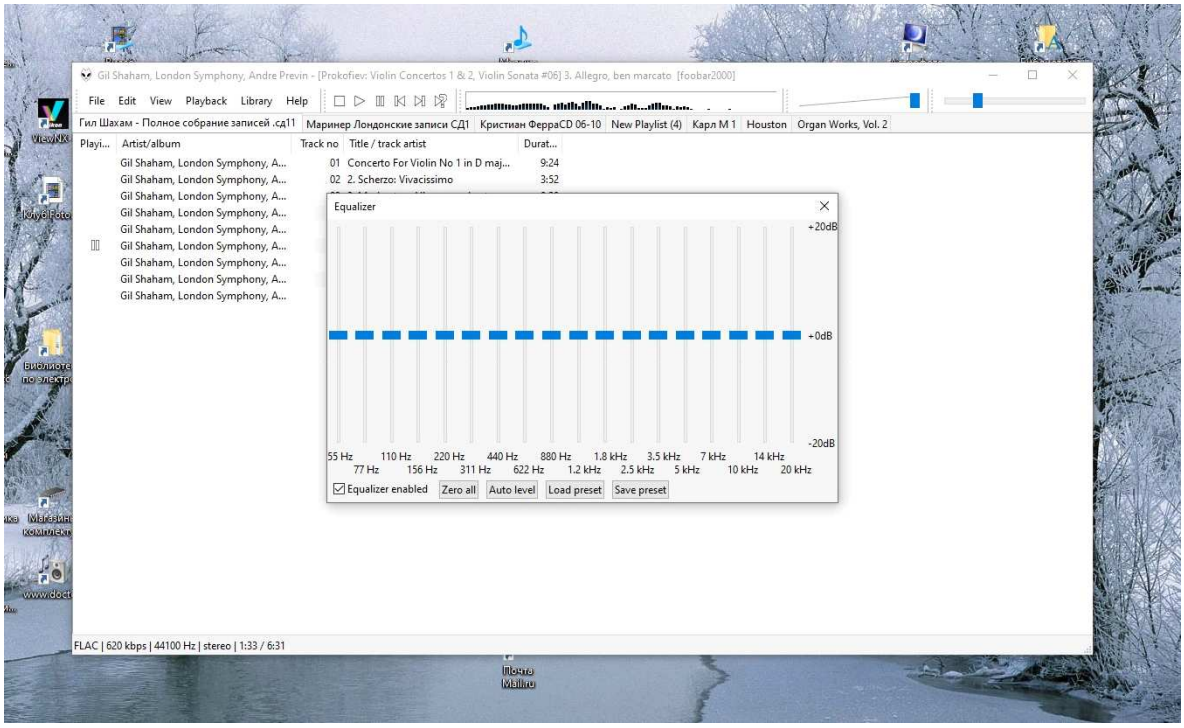
- 700 Гц, 4,5 дБ - по умолчанию. Этот параметр ближе всего к виртуальному размещению АС с азимутом 30 градусов и удалением около 3 м;
- 700 Гц, 6 дБ - самый популярный;
- 650 Гц, 9,5 дБ - внесение наименьших изменений в исходный сигнал. Только для расслабления прослушивания через наушники.

4-й шаг - настройка эквалайзера.

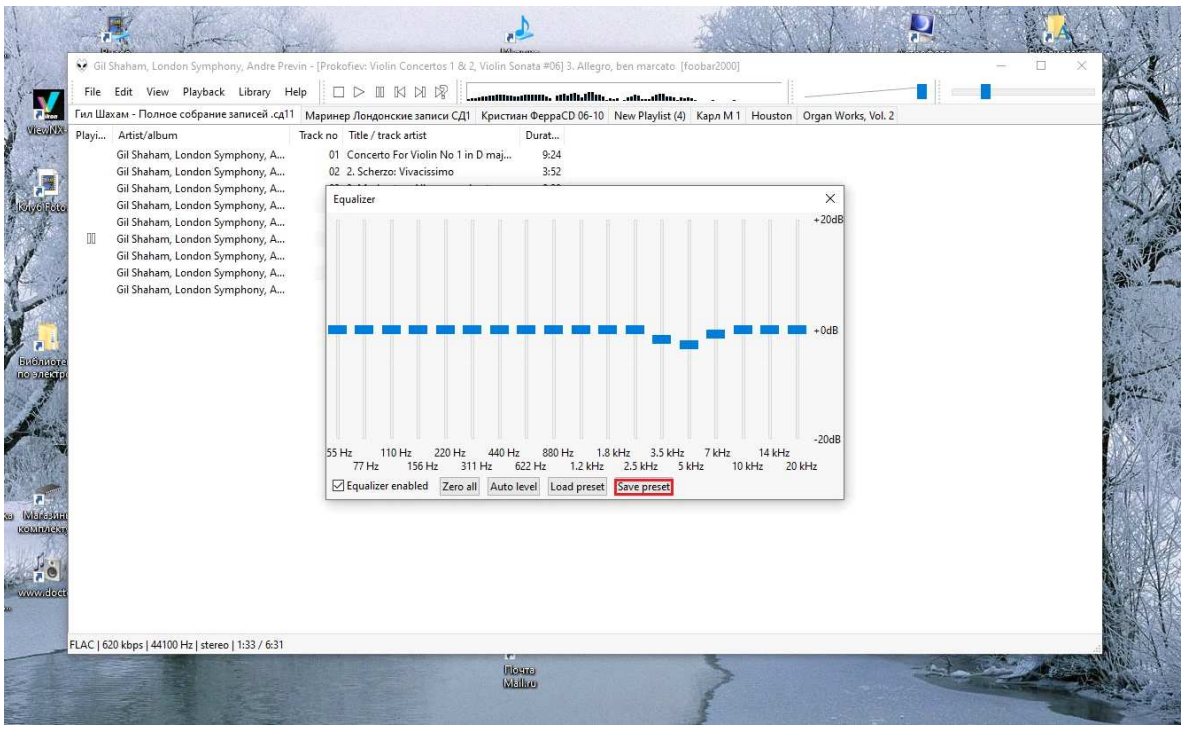

Gil Shaham, London Symphony, Andre Previn - [Prokofiev: Violin Concertos 1 & 2, Violin Sonata #06] 3. Allegro, ben marcato [foobar2000]
File Edit View Playback Library Help
Гил Шахам - Полное собрание записей .сд11
Маринер Лондонские записи СД1
Кристиан ФерраCD 06-10
New Playlist (4)
Карл М 1
Houston
Organ Works, Vol. 2
Playi... Artist/album Track no Title / track artist Durat...
Gil Shaham, London Symphony, A... 01 Concerto For Violin No 1 in D maj... 9:24
Gil Shaham, London Symphony, A... 02 2. Scherzo: Vivacissimo 3:52
Gil Shaham, London Symphony, A... 03 3. Moderato - Allegro moderato - ... 8:29
Gil Shaham, London Symphony, A... 04 Concerto For Violin No 2 in G min... 10:26
Gil Shaham, London Symphony, A... 05 2. Andante assai - Allegretto - And... 9:43
Gil Shaham, London Symphony, A... 06 3. Allegro, ben marcato 6:31
Gil Shaham, London Symphony, A... 07 Sonata For Solo Violin in D major, ... 4:16
Gil Shaham, London Symphony, A... 08 2. Tema, Variants I-V 3:20
Gil Shaham, London Symphony, A... 09 3. Con brio - Allegro precipitato - ... 3:36
FLAC | 620 kbps | 44100 Hz | stereo | 3:25 / 6:31


Gil Shaham, London Symphony, Andre Previn - [Prokofiev: Violin Concertos 1 & 2, Violin Sonata #06] 3. Allegro, ben marcato [foobar2000]
File Edit View Playback Library Help
Always on Top Alt+A
Visualizations
DSP
Console
Playlist Manager
Layout
Кристиан ФерраCD 06-10
New Playlist (4)
Карл М 1
Houston
Organ Works, Vol. 2
Title / track artist Durat...
01 Concerto For Violin No 1 in D maj... 9:24
02 2. Scherzo: Vivacissimo 3:52
03 3. Moderato - Allegro moderato - ... 8:29
04 Concerto For Violin No 2 in G min... 10:26
05 2. Andante assai - Allegretto - And... 9:43
06 3. Allegro, ben marcato 6:31
07 Sonata For Solo Violin in D major, ... 4:16
08 2. Tema, Variants I-V 3:20
09 3. Con brio - Allegro precipitato - ... 3:36
FLAC | 620 kbps | 44100 Hz | stereo | 5:30 / 6:31





Сохранение настроек.



Вызов настроек.

