

Шумоподавление

Наумов Д.А.

Компьютерные музыкальные технологии и звуковой дизайн, 2014

Содержание лекции

- 1 Основные понятия
- 2 Устранение непериодических шумов
 - Устранение непериодических шумов в Adobe Audition
 - Устранение непериодических шумов в iZotope RX 3
- 3 Устранение нетональных шумов
 - Устранение нетональных шумов в Adobe Audition
 - Waves X-Noise и Z-Noise
 - Устранение нетональных шумов в iZotope RX3 Denoise
- 4 Устранение щелчков и треска
 - Adobe Audition > DeClicker
 - Waves > X-Click
 - Waves > X-Crackle
 - iZotope Ozone > Declick & Decrackle
- 5 Устранение клипирования
 - Применение инструмента Adobe Audition DeClipper
 - Применение инструмента iZotope RX 3 Declip
- 6 Устранение развербации при помощи iZotope RX 3 Denverb

Целью шумоподавления и восстановления звука является получение наилучшего звучания с минимальным вмешательством человека. По сути, редактирование исходной записи должно быть незаметным и не создавать новые артефакты, которые бы отвлекали слушателя.

Шумоподавление применяется, для того, чтобы:

- улучшить восприятие сигнала, в том числе различимость речи;
- удалить искажения, наводки от сети электрического тока из записей музыки;
- упростить сведение мультитрековых композиций (например, уменьшив количество низкочастотных составляющих сигнала).

Иногда целей шумоподавления можно достичь в полном объеме, иногда приходится искать компромисс между уменьшением шумов и сохранением оригинального звучания.

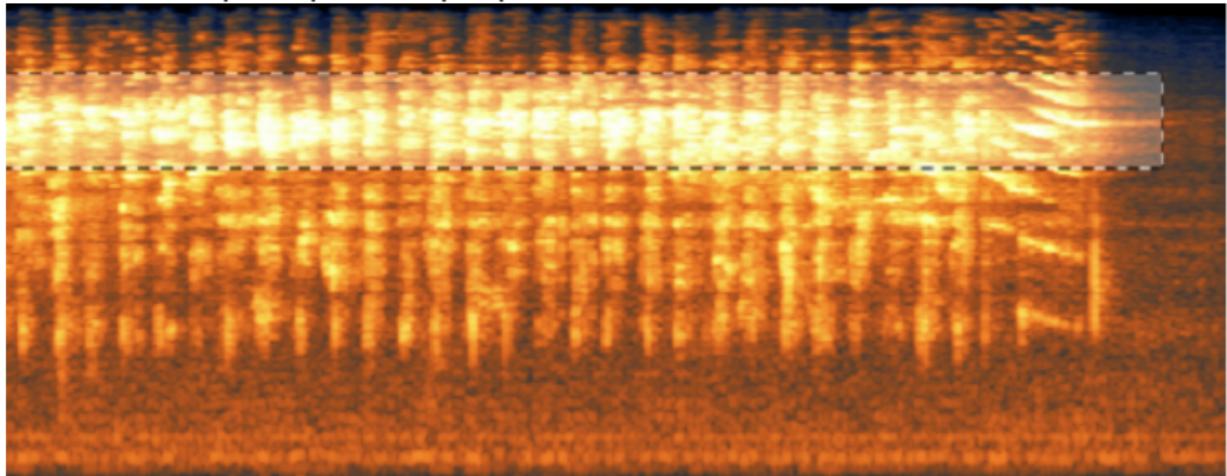
Шумом может считаться любой нежелательный звук, присутствующий в аудио сигнале, например:

- шипение усилителя;
- шум уличного движения;
- наводки от сети переменного тока;
- периодические щелчки на оцифрованной записи виниловой пластинки.

Искажение — это нежелательное изменение формы сигнала. Примеры искажений:

- клипирование;
- нелинейные искажения звукового сигнала, полученные при прохождении через усилитель с нелинейным коэффициентом передачи.

Пример спектрограммы сигнала с искажением:



- **Шумоподавители** (*Denoisers*) используются для того, чтобы уменьшить или полностью удалить постоянный фоновый шум. Это может быть фоновый шум помещения или шипение магнитофонной ленты (примеры «случайных» шумов), либо электрическое жужжание или гул от сети переменного тока (примеры «тональных» шумов). Шумоподавители могут быть одно- и многополосными, программными (*Audition Noise Reduction*) и аппаратными (*iZotope ANR-B*), общего применения или разработанными для особых задач, например, обработке вокала.
- **Инструменты удаления щелчков** (*Declickers*) используются, чтобы уменьшить или удалить щелчки и хлопки. Причина их появления может быть разной: грязь и царапины на оцифровываемой виниловой пластинке, скачки луча лазера при захвате данных с аудио компакт-диска, а также звуки причмокивания и размыкания губ.

- **Инструменты удаления треска (*Decracklers*)** похожи на инструменты удаления щелчков, но оптимизированы для уменьшения или удаления более продолжительных и более тихих последовательных щелчков, которые, соединяясь воспринимаются нашим ухом как треск.
- **Инструменты удаления клипирования (*Declippers*)** используются для восстановления артефактов цифрового и/или аналогового клипирования.
- **Инструменты удаления реверберации (*Dereverbs*)** предназначены для удаления из сигнала нежелательной и отвлекающей реверберации. Эти инструменты полезны для коррекции диалогов, в том числе при *ADR* (*Automatic Dialog Replacement* — автоматическая замена диалога).
- **Инструменты визуального ручного редактирования сигнала (*Visual Editing Tools*)** представляют собой комбинированные средства отображения и редактирования сигнала в различных формах: сигналограммы и спектrogramмы.

В данной лекции будут рассмотрены следующие инструменты шумоподавления:

- стандартные инструменты подавления шума в *Adobe Audition*, за исключением средств, которые представляют собой варианты фильтров, эквалайзеров и инструментов динамической обработки (они будут рассмотрены в соответствующих лекциях);
- некоторые средства из набора VST-инструментов, входящих в пакет *Waves Restoration bundle*;
- инструмент *iZotope RX 3 Advanced*, который может использоваться и как VST-инструмент, и как отдельное приложение *Win x86/x64*;

Этапы шумоподавления непериодических шумов:

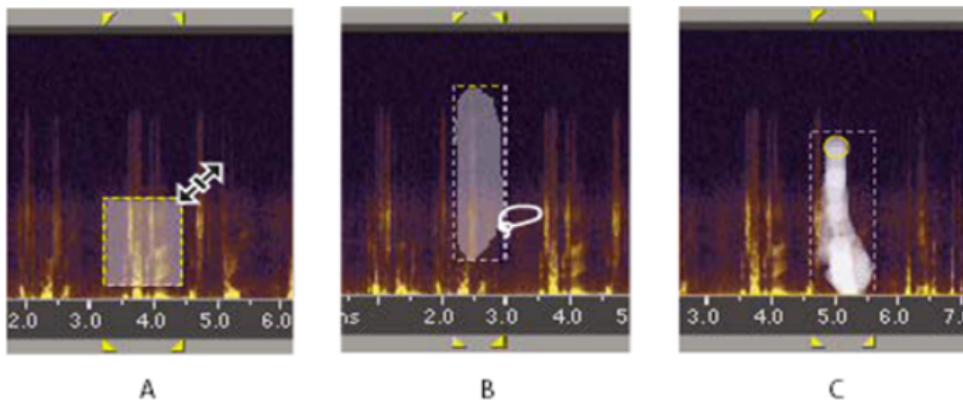
- идентификация;
- выделение;
- применение нужного инструмента.

Трудности:

- такие шумы могут вести себя непредсказуемо как по частоте, так и во времени;
- в отличие от нетональных шумов, гула, щелчков и треска, такие шумы нельзя удалить с использованием автоматических методов, а ручная коррекция может быть довольно трудоемкой;
- даже самые современные инструменты могут создать артефакты в сигнале в результате процесса шумоподавления;
- всегда существует множество разнообразных инструментов, подходящих для решения конкретной задачи по подавлению шума, а выбор наиболее эффективного средства тоже непростая задача.

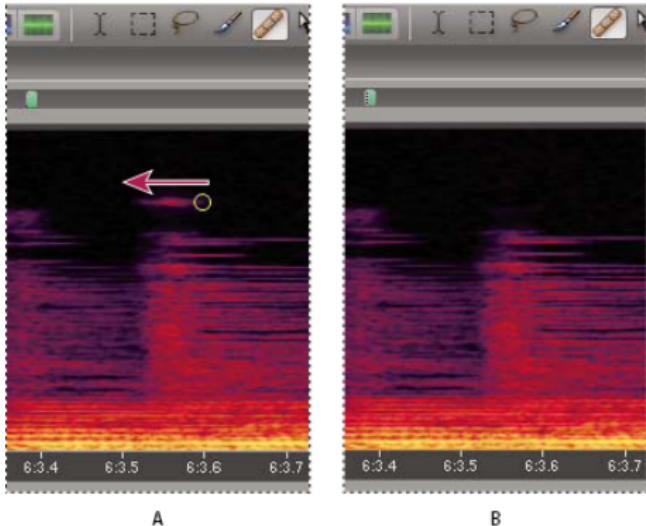
В *Adobe Audition* в режиме отображения спектрограммы можно использовать следующие инструменты для того, чтобы выделить звук в определенном частотном диапазоне:

- *Marquee Selection* — выделение прямоугольной области,
- *Lasso Selection* — выделение при помощи лассо,
- *Paintbrush Selection* — эффект кисти.



Для быстрого исправления небольших дискретных искажений, таких как отдельные хлопки и щелчки, следует использовать инструмент *Spot Healing Brush*:

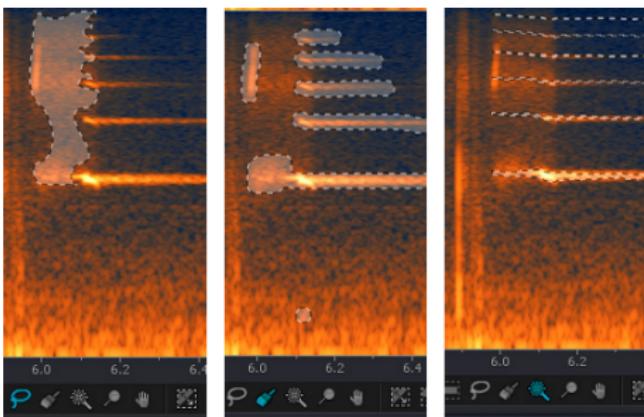
- в режиме *Spectral Frequency Display* выбрать инструмент *Spot Healing Brush*;
- на панели инструментов установить размер кисти (*Brush Size*).
- в главном окне щелкнуть или провести мышью по области искажения.



Инструмент *iZotope RX 3* — это полноценный инструмент для проведения шумоподавления и восстановления звука, который может использоваться и как VST-инструмент, и как отдельное приложение *Win x86/x64*.

Основные инструменты и их возможности в *iZotope RX 3*:

- *Denoise, Remove Hum* — удаление фонового шума и шумов искажений сигнала, в том числе шипение, гул и жужжание;
- *Spectral Repair* — замена поврежденных или отсутствующих фрагментов сигнала с использованием шаблонов на основе естественных звуков;
- *DeClick, DeCracke* — удаление щелчков, хлопков;
- *DeClip* — избавление от клипирования.

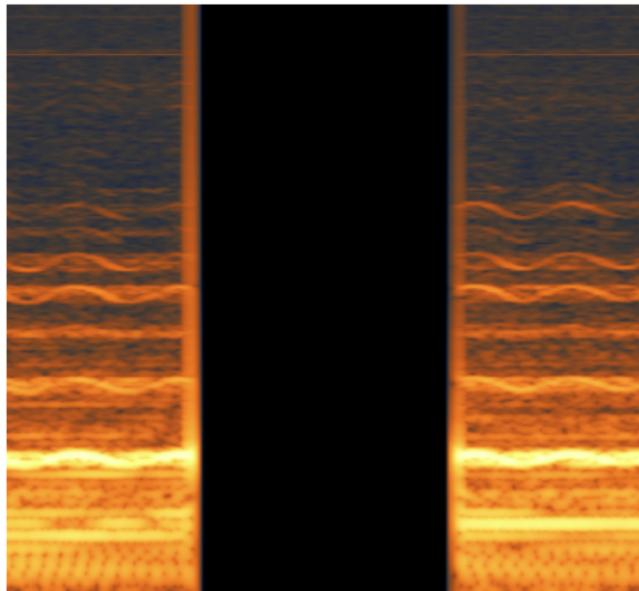


- *Time Selection* — выделение временного интервала;
- *Time-Frequency Selection* — выделение прямоугольного фрагмента;
- *Frequency Selection* — выделение диапазона частот;
- *Lasso* — позволяет нарисовать произвольный замкнутый контур.
- *Brush* — выделение «кистью»;
- *Magic Wand* — «волшебная палочка», автоматическое «умное» выделение некоторого диапазона.

- *Attenuate* (ослабление) — в этом режиме звук в выделенном фрагменте заменяется звуками, расположенными в близлежащих областях.
- *Pattern* (шаблон) — в данном режиме ищется наиболее подходящий фрагмент сигнала, которым и заменяется выделенный фрагмент.
- *Partials + Noise* — это более сложный вариант режима *Pattern*, выполняющий более точную интерполяцию в тех случаях, когда происходит изменение высоты тона, в том числе в виде вибрато.

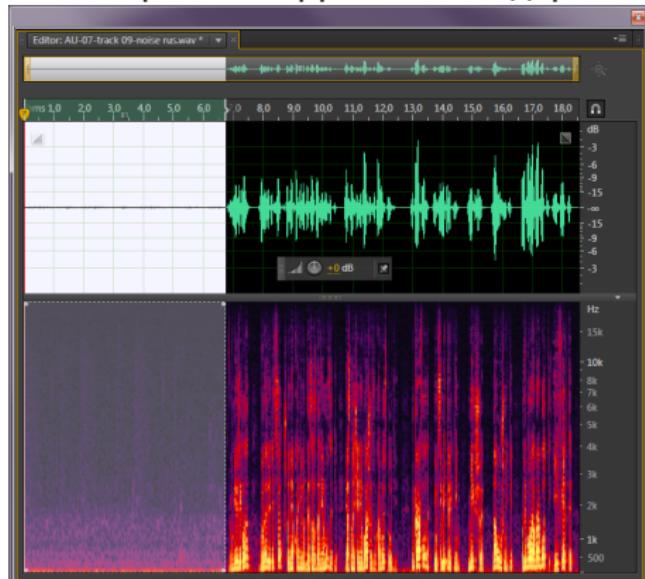


- *Replace* (замена) — данный режим используется для замены поврежденных фрагментов тонального сигнала.



Для удаления нетональных шумов необходимо иметь информацию о шуме: чем больше статистических свойств шума известно, тем эффективнее процесс шумоподавления.

Информацию о шуме можно получить, анализируя спектр фрагмента волновой формы, содержащий только шумы (шипение микрофона, фоновые звуки и т. п.). При выполнении процесса шумоподавления будет считаться, что выбранный фрагмент содержит только шум.



Рассмотрим процесс шумоподавления при помощи инструмента *Noise Reduction*.

- выделить фрагмент волновой формы без полезной информации, но содержащий характерный для этой волновой формы шум
- выполнить команду *Effects > Restoration > Noise Reduction*. В открывшемся окне нажать кнопку «*Capture Noise Print*».
 - На координатном поле отображаются три графика:



- Снять флаг *Output Noise Only* (выводить только шум), если он был установлен. Нажать на кнопку "*Preview Play/Stop*".
Прослушивая фрагмент с шумом, установить значение параметра *Noise Reduction*, при котором шум становится практически не слышен (абсолютной тишины добиваться не следует). Если выбрать порог подавления слишком высоким, то улучшения субъективного ощущения тишины в паузах не будет, зато в сигнале появятся искажения в виде металлического призыва.
- Установить флаг *Output Noise Only*. Прослушивая звук и уменьшая значение *Noise Reduction*, добиться, чтобы не удалялись полезные составляющие звука (то есть при прослушивании не были бы слышны отдельные гласные, согласные звуки и т.п.).
- Установить компромиссное значение параметра *Noise Reduction*, чтобы, с одной стороны, обеспечивать достаточный уровень шумоподавления, а с другой — не затрагивать полезный сигнал.

Инструмент Waves X-Noise также предназначен для удаления фонового шума.

В отличие от инструмента Adobe Audition Noise Reduction, инструмент X-Noise может быть использован в режиме реального времени после предварительной настройки профиля шума.



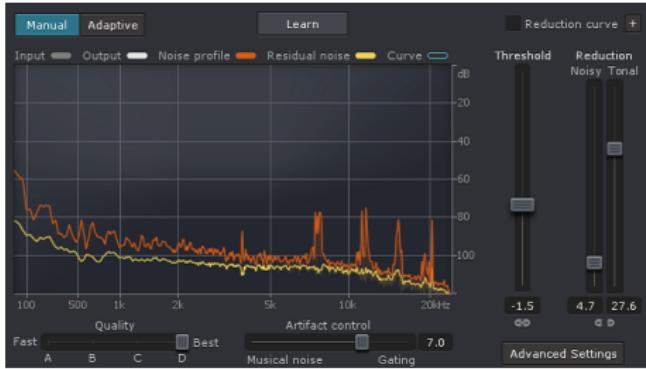
Инструмент Waves Z-Noise отличается от Waves X-Noise возможностью более точной настройки профиля шума.

В распоряжении пользователя имеется пятиполосный параметрический эквалайзер, позволяющий вручную корректировать профиль шума.



Инструмент *iZotope Denoise* также предназначен для шумоподавления на основе профиля шума. Рассмотрим отличия данного инструмента от ранее описанных:

- возможность выделения не связанных областей для получения профиля шума;
- возможность раздельного управления уровнем подавления случайных и тональных шумов (*Noisy, Tonal Reduction*);
- возможность управления качеством обработки (параметр *Quality*) и уровнем вносимых искажений (параметр *Artifact Control*).

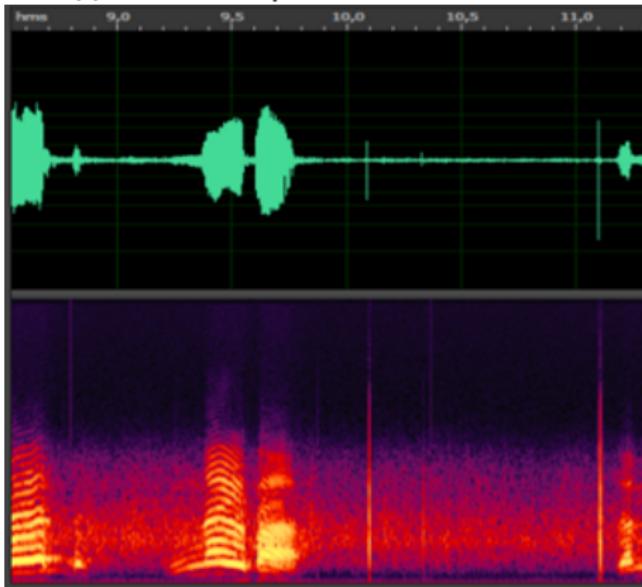


Щелчки и хлопки могут оказаться в записи сигнала на любой стадии его обработки. Рассмотрим различные причины их возникновения:

- цифровые ошибки, которые создают быстрые резкие перепады в амплитуде сигнале;
- ошибки, возникшие из-за повреждения носителя аналогового сигнала (как правило, это более длительные искажения по сравнению с цифровыми);
- статическое электричество;
- касание микрофона по неосторожности;
- плохой контакт соединительных кабелей;
- помехи от электрической сети;
- звуки размыкания губ и т.д.

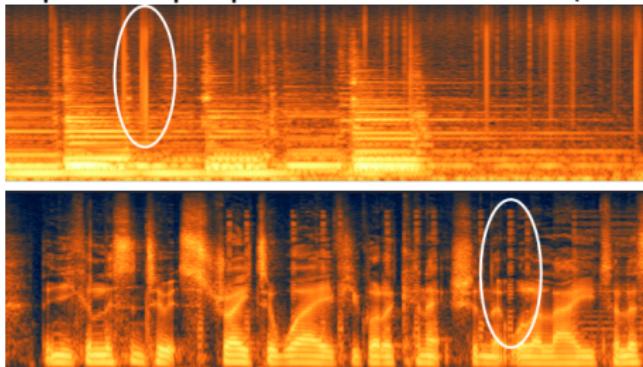
Для того чтобы найти щелчки на волновой форме, следует переключиться в режим отображения *Spectral Frequency Display*.

Большинство щелчков будут видны как вертикальные линии, яркие на

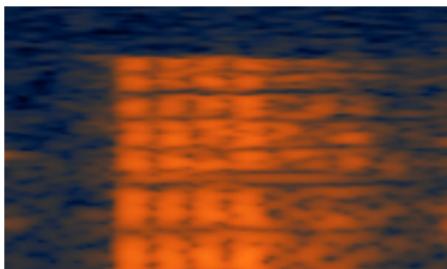


всей полосе частот.

Пример спектрограммы сигнала с щелчками

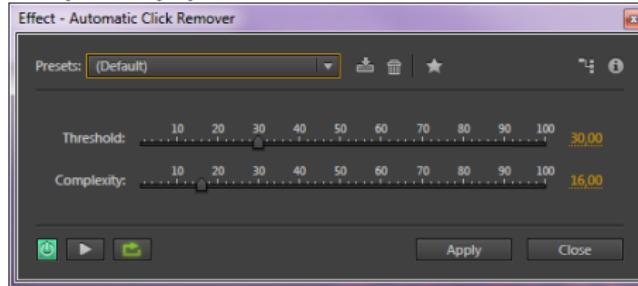


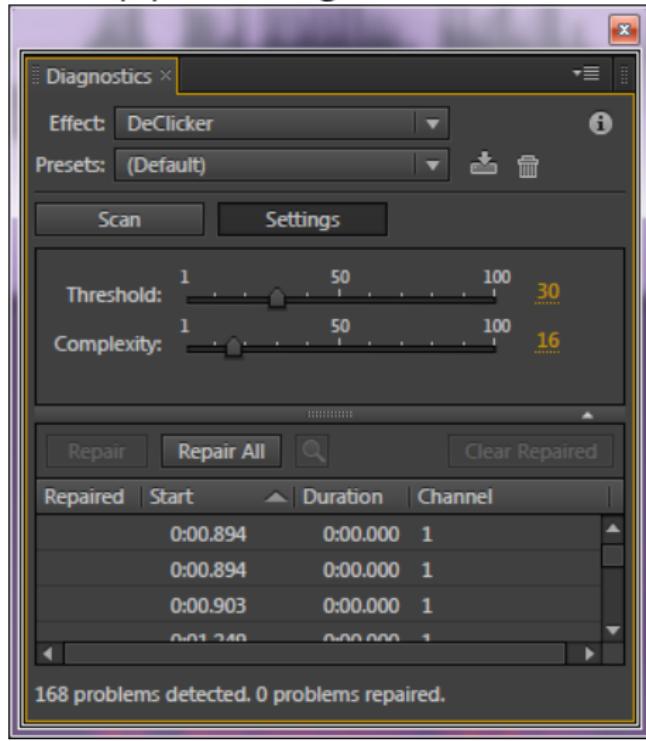
Пример спектрограммы сигнала с помехами от сотового телефона



Средства *Diagnostics > DeClicker* и *Noise Reduction & Restoration > Automatic Click Remover* позволяют определить и удалить такие искажения, как щелчки и хлопки.

Рассмотрим параметры эффекта *Automatic Click Remover*.



Окно эффекта *Diagnostics > DeClicker*

Инструмент *X-Click* позволяет эффективно устранять щелчки старых виниловых пластинок и при правильном применении не создает дополнительных артефактов — искажений, вносимых эффектом. Инструмент *X-Click* имеет два параметра настройки для идентификации щелчков:

- Параметр **порог** (*Threshold*) задает амплитуду искомых щелчков.
- Параметр **форма** (*Shape*) задает количество отсчетов в одном щелчке.

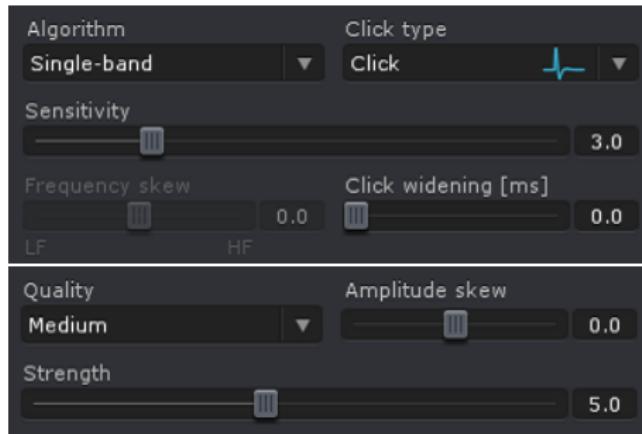


Треск (*Crackle*) — небольшие по амплитуде, короткие по длительности (несколько отсчетов) щелчки или хлопки, в большом количестве присутствующие в сигнале. Щелчки выражены более явно, чем треск, и часто имеют большую амплитуду, чем полезный сигнал.

- Порог (*Threshold*) определяет амплитуду звука, который будет идентифицироваться как треск.
- Ослабление (*Reduction*) задает, на сколько децибел будут ослаблен обнаруженный треск.



Инструмент *Declick* полезен при восстановлении звука оцифрованных виниловых пластинок, избавления от таких шумов, как щелчки, хлопки и треск. Как правило, длительность отдельного щелчка не превышает 10 миллисекунд. Инструмент *Decrackle* предназначен для удаления более длительных помех в сигнале, воспринимаемые нами как слабый треск.

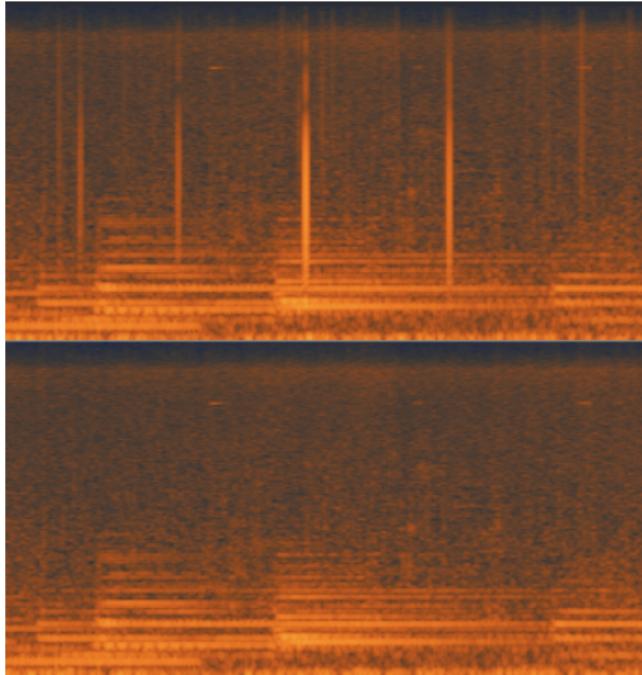


Для удаление щелчков и треска необходимо выполнить следующие шаги.

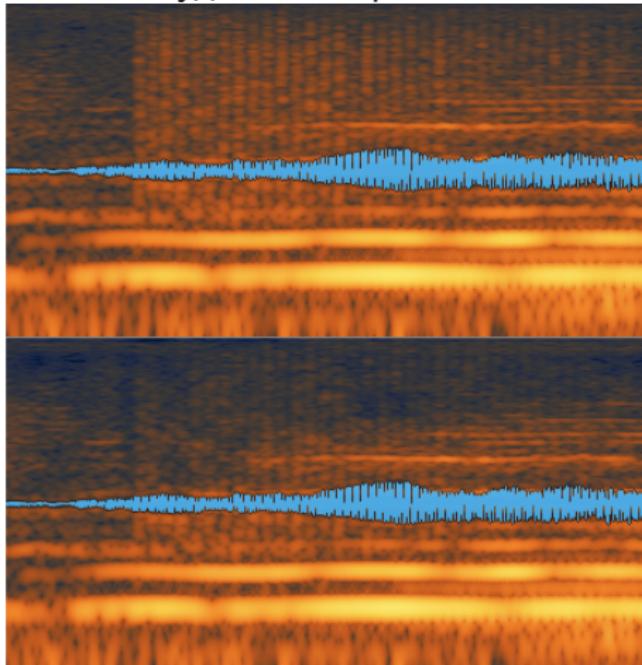
- ① Выберите нужное значение параметра *Algorithm* для модуля *Declick*:
 - Режим *Single-band* хорошо работает с очень короткими «цифровыми» щелчками.
 - Режим *M-band (multi-band)* предназначен для более длительных «аналоговых» щелчков.
- ② Воспроизведите сигнал.
- ③ Во время воспроизведения настройте параметр *Declick Sensitivity*, задающий чувствительность детектора щелчков или *Decrackle Strength* для чувствительности детектора треска. Необходимо добиться того, что большинство щелчков будет удалено, при этом полезный сигнал не будет повреждаться.
- ④ Для лучшего контроля за тем, какие звуки идентифицируются как щелчки и треск, можно использовать переключатель *Clicks/Crackle Only* во время воспроизведения сигнала, — это позволит услышать, какие звуки будут удалены из сигнала.



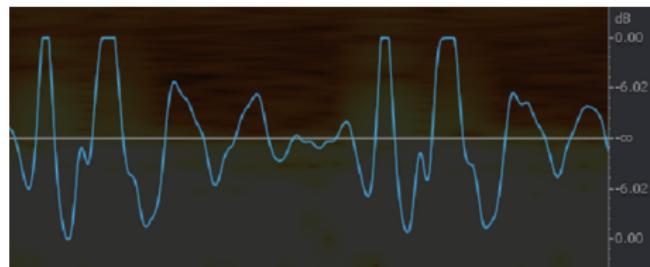
Спектрограмма до и после удаления щелчков



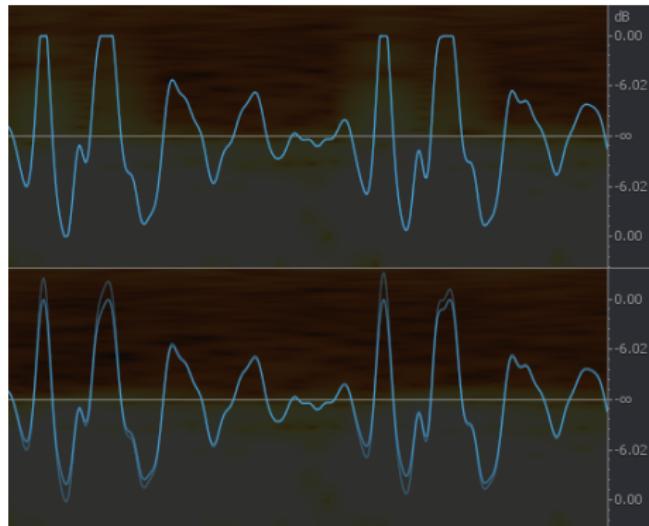
Спектрограмма до и после удаления треска



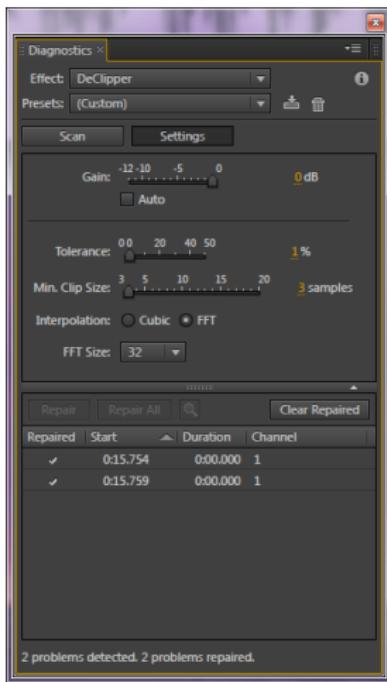
Клипирование — это искажение, возникающее из-за неправильной регулировки уровня записываемого сигнала или из-за его случайного увеличения во время записи, приведшее к переполнению разрядной сетки аналого-цифрового преобразователя.



Целью удаления клипирования является восстановление клипированных фрагментов сигнала таким образом, чтобы их звучание было бы наиболее близко к оригинальному. Нельзя избавиться от клипирования, просто уменьшив громкость: формально клипированных отсчетов не будет, но само искажение останется.



Adobe Audition DeClipper вызывается командой *Effects > Diagnostics > DeClipper*.

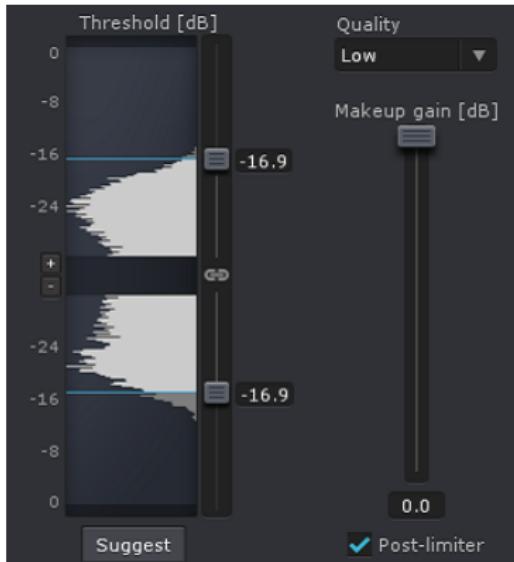


Алгоритм избавления от клипирования следующий:

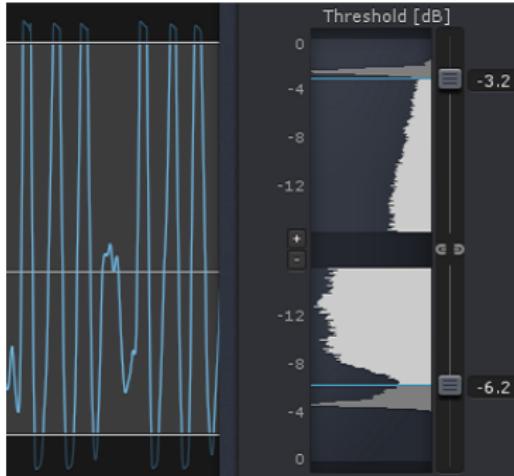
- установить значение параметра *Gain* вручную или установить флаг *Auto*;

Инструмент *Declip* производит обработку части сигнала, которая окажется выше задаваемого порога, выполняя интерполяцию сигнала с целью получения более натуральной огибающей. Процесс работы с инструментом состоит из двух простых шагов:

- поиск клипированных отсчетов;
- определение уровня клипированных отсчетов и выполнение обработки.

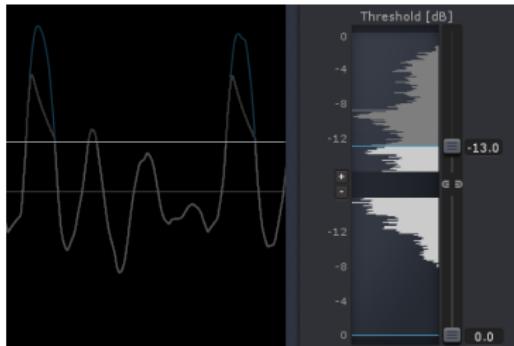


Левую часть окна занимает гистограмма сигнала, при этом установить порог клипирования можно независимо для положительных и отрицательных значений отсчетов. Одним из признаков наличия клипирования является наличие максимумов на гистограмме на уровнях, близких к максимальному уровню сигнала:



Для устранения клипирования необходима настройка следующих параметров:

- Threshold (dBFS);
- Threshold Link;
- кнопка Suggest;
- Quality;
- Makeup Gain (dB);
- Post-limiter;



Инструмент *Dereverb* позволяет задавать уменьшать уровень реверберации в сигнале. При помощи данного инструмента запись, сделанную в большом помещении с сильном эхо можно как бы превратить в запись, сделанную в обычной комнате, а запись в комнате — в запись в помещении со звукоизоляцией.



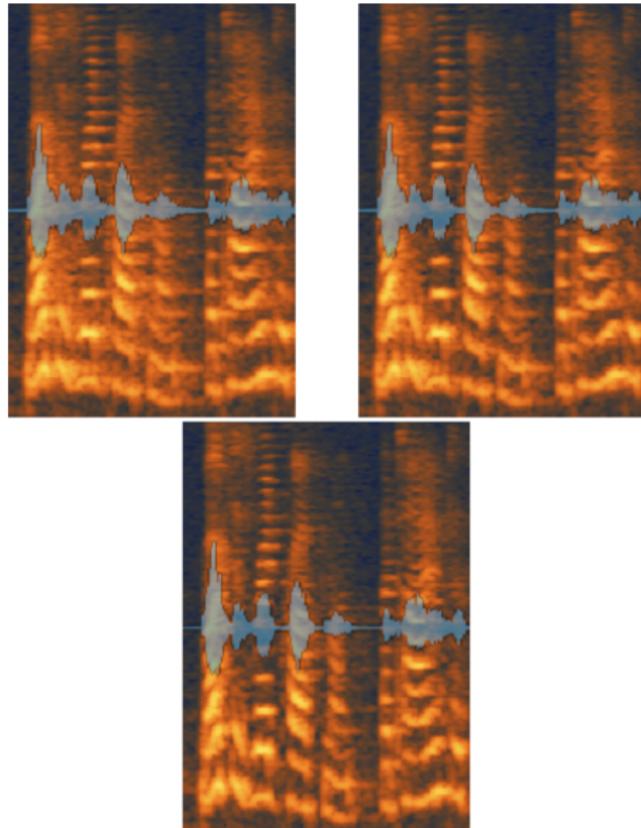
Звук, записанный в помещении, можно разложить на две составляющих:

- прямой звук;
- реверберационный хвост;

Уровень хвоста реверберации ослабляется с течением времени, причем скорость ослабления зависит от различных факторов, таких, как размер и материал стен помещения, его геометрия и т.д.

Инструмент *Dereverb* выполняет обработку сигнала, изменяя соотношение обнаруженного прямого звука, и заданных (рассчитанных) параметров реверберации, таких как время ослабления сигнала на различных частотах.

На спектрограмме наличие реверберации можно обнаружить по наличию некоторой размытости.



Для того, чтобы приступить к уменьшению реверберации в сигнале, необходимо получить так называемый «профиль реверберации». Для этого необходимо выделить фрагмент сигнала, длительностью около 5 секунд, который будет содержать фоновый шум помещения в начале, полезный сигнал и хвост реверберации.

После получения профиля реверберации (после нажатия на кнопку *Learn*) в верхней части окна отобразятся графики входного, выходного сигнала и величина ослабления (частотная характеристика профиля реверберации).

Иногда хороших результатов удается достичь, применяя инструмент *Dereverb* дважды.

Инструмент *Dialogue Denoiser* позволяет осуществлять подавление шума в записях, в которых уровень шума значительно отличается от уровня полезного сигнала. Уровень шума задается при помощи графика порога шума.

Если уровень сигнала ниже порога, то он считается шумом и будет подавляться, если выше — полезным сигналом. Настройка формы графика порога шума осуществляется при помощи шести контрольных точек.

