

DOI: 10.32517/2221-1993-2022-21-1-55-66

М. В. Маркушевич
Школа № 1352, г. Москва, Россия

ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ «СОЗДАНИЕ И ОБРАБОТКА ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНОГО ЗВУКОВОГО РЕДАКТОРА AUDACITY

Аннотация

В статье представлен каркас методики обучения теме «Создание и обработка звуковой информации» курса информатики на уровне основного общего образования с использованием свободного кроссплатформенного офлайн-звукового редактора Audacity. Под понятием «методика обучения» понимается процесс передачи от преподавателя обучающемуся некоего необходимого и достаточного набора алгоритмов создания тех или иных информационных объектов, соответствующих изучаемой информационной технологии.

По результатам анализа возможных вариантов программного обеспечения для поддержки преподавания рассматриваемой темы курса информатики делается вывод о том, что оптимальным вариантом являются офлайн-свободные кроссплатформенные звуковые редакторы, обладающие невысокими минимальными системными требованиями. Один из наиболее удачных вариантов программного обеспечения — аудиоредактор Audacity, который имеет целый ряд преимуществ по сравнению со своими аналогами.

В статье подвергается сомнению принцип инвариантности методики обучения информационным технологиям, в частности технологии создания и обработки звуковой информации, относительно программного и аппаратного обеспечения, используемого в учебном процессе, и обосновывается вывод о частичной несостоятельности данного принципа.

Приводится возможный вариант каркаса методики обучения рассматриваемой теме курса информатики, включающий в себя разбиение содержания обучения на семь этапов. Каждый из этапов включает описание изложения соответствующего учебного материала, в том числе технологию выполнения практических работ, направленных на овладение учащимися основными элементами функционала звукового редактора Audacity. Описание авторской методики обучения также содержит

Контактная информация

Маркушевич Михаил Владимирович, учитель информатики, школа № 1352, г. Москва, Россия; *адрес:* 107497, Россия, г. Москва, ул. Байкальская, д. 44; *e-mail:* mihael11@yandex.ru

M. V. Markushevich
School 1352, Moscow, Russia

ELEMENTS OF THE METHODOLOGY FOR TEACHING THE THEME "CREATING AND PROCESSING OF SOUND INFORMATION" USING THE FREE SOUND EDITOR AUDACITY

Abstract

The article presents the framework of the methodology for teaching the theme "Creating and processing of sound information" of the informatics course at the level of basic general education using the free cross-platform offline sound editor Audacity. The concept of "teaching methodology" refers to the process of transferring from the teacher to the student a certain necessary and sufficient set of algorithms for creating certain information objects that correspond to the information technology being studied.

As a result of the analysis of possible software options to support the teaching of the theme under consideration in the informatics course, it is concluded that offline free cross-platform sound editors with low minimum system requirements is the best option. One of the most successful software options is the Audacity audio editor, which has a number of advantages over its counterparts.

The article questions the principle of invariance of the method of teaching information technology, in particular technology for creating and processing sound information, with respect to the software and hardware used in the educational process, and substantiates the conclusion about the partial failure of this principle.

A possible variant of the framework of the methodology for teaching the theme of the informatics course under consideration is given, which includes the division of the learning content into seven stages. Each of the stages includes a description of the presentation of the relevant educational material, including the technology for performing practical work aimed at mastering the basic elements of the functionality of the Audacity sound editor by students. The description of the author's teaching methodology also contains the lesson planning corresponding to it on the theme "Creating and processing of sound information" of the informatics course for the basic school.

The advantages of the proposed teaching methodology include the possibility of its use for both full-time and distance learning, as well as the low cost of its use in the educational process of a general education school. In addition, the methodology under consideration ensures a high resistance of the educational process to the destructive impact on the information structure of Russian educational organizations, which includes, among other things, an unmotivated refusal of licenses to use foreign-made proprietary software.

Keywords: digital sound, Audacity, free software, teaching methodology.

соответствующее ей поурочное планирование по теме «Создание и обработка звуковой информации» курса информатики для основной школы.

К преимуществам предлагаемой методики обучения можно отнести возможность ее использования как для очной, так и для дистанционной форм обучения, а также низкий уровень стоимости ее применения в учебном процессе общеобразовательной школы. Кроме того, рассматриваемая методика обеспечивает высокую устойчивость учебного процесса к деструктивному влиянию на информационную структуру российских образовательных организаций, заключающемуся в том числе в немотивированном отказе в лицензиях на использование проприетарного программного обеспечения иностранного производства.

Ключевые слова: цифровой звук, Audacity, свободное программное обеспечение, методика обучения.

1. Введение

Данная статья является продолжением предыдущих работ автора [15, 16] (в соавторстве с А. Ю. Федосовым), представляющих последовательное построение каркаса методики обучения школьников информатике на уровне основного общего образования. Предлагаемая методика базируется на применении в учебно-воспитательном процессе исключительно *свободного отечественного* программного обеспечения. В своих статьях мы, прежде всего, рассматриваем методику обучения различным информационным технологиям. Так, в настоящей статье будет рассмотрена технология создания и обработки цифрового звука.

Среди преподаваемых в основной школе информационных технологий технология обработки звуковой информации является, наверно, одной из наименее разработанных в плане методики обучения. Причина этого кроется в отсутствии ее непосредственного «офисного» приложения и очень редком обращении к данной тематике в контрольно-измерительных материалах ОГЭ и ЕГЭ по информатике. Действительно, в ОГЭ версии 2022 года нет ни одного задания, связанного с темой обработки звуковой информации, а в ЕГЭ ранее в задании 7 были задачи на расчет информационного объема звукового файла, но в последних версиях диагностических работ МЦКО в формате ЕГЭ присутствуют только задачи на кодирование растровой графической информации.

Весьма скромное отражение нашла данная тема также в наиболее распространенных учебниках информатики для уровня основного общего образования, что отмечает, в частности, Н. Ю. Королева в своей работе «Формирование умений работы с цифровым звуком в школьном курсе информатики» [9]. Однако умение обрабатывать звуковую информацию в настоящее время является достаточно существенным цифровым навыком для учащихся основной школы. В связи с этим в настоящей статье мы постараемся частично восполнить некоторый дефицит, существующий в области методики преподавания технологии обработки цифрового звука в основной школе.

Многочисленные преимущества использования свободного программного обеспечения отечественной разработки многократно подчеркивались нами в работах, написанных в соавторстве с А. Ю. Федосовым (см., например, [15]). К основным преимуществам можно отнести, прежде всего, *обеспечение безопасности информационной инфраструктуры российских образовательных организаций на фоне постоянного ужесточения экономических санкций со стороны правительств ряда западных государств*, направленных в том числе против отечественных вузов [11], а также существенную экономию бюджетных средств на закупку лицензий на использование программного обеспечения.

Что касается понятия *методика обучения некоторой информационной технологии*, то, с нашей точки зрения, его можно приближенно рассматривать как *процесс передачи от преподавателя обучающемуся некоего необходимого и достаточного набора алгоритмов создания тех или иных информационных объектов, соответствующих изучаемой информационной технологии, включая знание и умение использовать стандартный инструментарий той программной среды (сред), которая является оптимальной для данных целей на основе сравнительного анализа доступного программного обеспечения*.

Таким образом, в качестве показателя того, что учащийся приобрел необходимые цифровые навыки и овладел рассматриваемой информационной технологией на некотором минимально необходимом уровне, будет факт создания им достаточно сложного, комплексного информационного объекта, соответствующего типу данной информационной технологии.

В случае технологии создания и обработки звуковой информации в качестве такого информационного объекта, с нашей точки зрения, можно рассматривать *аудиоклип*, при создании которого используются как самостоятельно записанные, так и скаченные из легальных источников звуковые фрагменты, которые были в дальнейшем собраны в единое целое в звуковом редакторе.

2. Выбор оптимального варианта программного обеспечения для поддержки преподавания темы «Создание и обработка звуковой информации» на уровне основного общего образования

При выборе оптимального типа программного обеспечения в первую очередь рационально было бы исключить те группы ПО, которые в принципе можно не рассматривать для поддержки преподавания темы «Создание и обработка звуковой информации» в основной школе. К ним необходимо отнести все **мобильные приложения** в связи с тем, что в новых санитарно-эпидемиологических правилах СП 2.4.3648—20, которые уже вступили в силу и будут действовать до 1 января 2027 года, говорится, что для образовательных целей мобильные средства связи не могут использоваться [12].

Данная норма была введена в связи с тем, что мобильные устройства имеют чаще всего маленький размер экрана (меньше 10 дюймов), что в свою очередь влечет за собой напряжение органов зрения и нарушение осанки учащихся.

Еще один тип программного обеспечения для обработки цифрового звука — **онлайн-редакторы зву-**

ка, которые, с одной стороны, имеют некоторые преимущества перед офлайновыми — например, возможность их использования не зависит от типа операционной системы, установленной на учебном компьютере. Однако, с другой стороны, их применение в учебном процессе основной школы достаточно рискованно в связи с тем, что скорость и стабильность интернет-соединения в различных образовательных организациях неоднородны и преподаватель, использующий на уроке эти редакторы, может столкнуться с тем, что в текущий момент онлайн-сервис недоступен или скорость обработки звука очень низка из-за нестабильного соединения, что ставит под угрозу нормальное проведение урока.

Таким образом, нам представляется, что *оптимальным типом программного обеспечения для поддержки преподавания темы «Создание и обработка звуковой информации» являются свободные офлайновые звуковые редакторы, которые должны быть кроссплатформенными и обладать достаточно низкими минимальными системными требованиями к конфигурации компьютеров, на которых планируется осуществлять учебный процесс.* В данном случае мы говорим и о домашних компьютерах учащихся, так как было бы неплохо активно применять практические домашние задания в ходе обучения по данной теме курса информатики для повышения качества учебного процес-

са. Требование кроссплатформенности звуковых редакторов также связано с тем, что на учебных компьютерах в классе информатики и на домашних компьютерах преподавателя и учащихся могут использоваться различные типы операционных систем (Windows, MacOS, Linux).

Очевидно, что проприетарные платные звуковые редакторы, среди которых можно выделить такие, как Adobe Audition, Acoustica, FL Studio, Amadeus Pro, Sound Forge Pro, для использования в учебном процессе основной школы также будут далеки от оптимума ввиду довольно высокой стоимости лицензии, часто избыточного для непрофессиональных целей функционала и весьма сложного интерфейса пользователя. Тем не менее среди достоинств проприетарных звуковых редакторов можно отметить наличие учебно-методической литературы и самоучителей по работе с данными программными средствами, таких как, например, книга С. В. Глушакова, А. В. Харьковского по использованию программы для обработки звука Sound Forge [5].

Таким образом, нам предстоит выбирать из списка свободных кроссплатформенных офлайновых звуковых редакторов с невысокими требованиями к конфигурации аппаратного обеспечения. Наиболее известные из этих редакторов представлены в таблице 1.

В результате анализа информации, приведенной в таблице 1, мы выделили **звуковой редактор Audacity**

Таблица 1

Сравнительные характеристики свободных кроссплатформенных офлайновых звуковых редакторов

№ п/п	Название звукового редактора	Официальный сайт проекта	Плюсы звукового редактора	Минусы звукового редактора
1	Audacity	https://www.audacityteam.org	<ul style="list-style-type: none"> • Кроссплатформенное ПО; • мощный функционал; • простой интерфейс; • интерфейс русифицирован; • низкие минимальные системные требования; • возможность экспорта файлов в популярные форматы MP3, WAV, OGG; • большое количество встроенных звуковых эффектов 	<ul style="list-style-type: none"> • Некоторый дефицит учебной литературы и справочных интернет-источников
2	Ardour	https://ardour.org/	<ul style="list-style-type: none"> • Кроссплатформенное ПО; • широкий функционал 	<ul style="list-style-type: none"> • Перегруженный инструментами пользовательский интерфейс; • бесплатная версия имеет некоторые ограничения (возникает тишина в записи через 10 минут); • отсутствие русскоязычных обучающих материалов
3	Wave Editor	https://www.wave-editor.com/ru/	<ul style="list-style-type: none"> • Простой интерфейс пользователя; • есть все основные операции; • низкие системные требования 	<ul style="list-style-type: none"> • Небольшое количество функций; • подходит только для самых элементарных операций со звуком; • иногда нормализация громкости с первого раза срабатывает некорректно; • отсутствие русскоязычных обучающих материалов
4	MusineKit	https://www.brainmodular.com/motionkit-en.php	<ul style="list-style-type: none"> • Наличие подробной инструкции пользователя на сайте проекта; • для загрузки доступны дистрибутивы для операционных систем семейства Windows и MacOS 	<ul style="list-style-type: none"> • Нет русифицированной версии, только английская и французская; • отсутствие русскоязычных обучающих материалов

как возможный оптимальный вариант программного обеспечения для поддержки учебного процесса по теме «Создание и обработка звуковой информации» в основной школе. Далее мы рассмотрим подробнее его основные пользовательские характеристики, а также обеспеченность учебно-методической литературой и справочными интернет-сайтами.

Официальный сайт проекта Audacity содержит ознакомительное руководство пользователя, включающее описание основных операций (запись, воспроизведение, редактирование и сохранение звуковых файлов, изменение громкости звучания, устранение шумов и т. п.) [19]. Более подробное описание функционала аудиоредактора Audacity можно найти в учебном пособии В. А. Горюнова, А. Н. Стася «Обработка и монтаж аудиозаписей с использованием Audacity» [6].

Кроме того, существует несколько устаревший на сегодняшний день учебный курс по Audacity авторского коллектива под руководством А. Прокудина [13].

Надо отметить, что описание аудиоредактора Audacity встречается в очень малом количестве учебной и учебно-методической литературы. Так, например, краткое описание присутствует в учебном пособии для преподавателей по отечественной операционной системе «Линукс Юниор» В. Б. Волкова [4]. В этом пособии автор подчеркивает, что Audacity в отличие от многих своих бесплатных аналогов (таких как, например, программа KRes, имеющая сборку только для операционных систем семейства Linux) является профессиональным звуковым редактором. В качестве примера использования редактора Audacity В. Б. Волков предлагает рассмотреть технологию подавления низкочастотного шума в звукозаписи между словами.

Интересно, что аудиоредактор Audacity редко упоминается даже в литературе, посвященной свободным операционным системам семейства Linux, хотя программа Audacity устанавливается по умолчанию в различных дистрибутивах Linux в качестве редактора звуковых файлов, например, в отечественном дистрибутиве «Альт Образование 10», и руководство пользователя для данного дистрибутива включает в себя краткое описание функционала Audacity [2]. Кроме того, краткое описание Audacity можно обнаружить в переводном учебном пособии «Linux на практике» американцев К. Бреснахэна, Р. Блума [3].

Программа Audacity упоминается также в учебнике по информатике для вузов А. С. Грошева, П. В. Заклякова [7], базирующемся на использовании свободного программного обеспечения, но, к сожалению, Audacity в этом учебнике рассматривается только в разделе, посвященном теоретическим вопросам кодирования цифрового звука.

Что касается минимальных системных требований аудиоредактора Audacity, то они вполне скромные и позволяющие установить данное программное обеспечение практически на любой из используемых в настоящее время в учебном процессе персональных компьютеров [14]:

- операционная система: Windows XP, Vista, 7, 8, 10, Linux, MacOS, UNIX-подобные операционные системы;
- тактовая частота процессора: от 1 ГГц;

- оперативная память: от 512 Мб;
- место на жестком диске: от 51 Мб;
- язык интерфейса: русский, английский;
- размер дистрибутива: 25 Мб.

Звуковой редактор Audacity обладает весьма внушительным функционалом, который позволяет пользователю решать следующие задачи при создании и обработке звуковой информации [18]:

- импорт и экспорт файлов WAV, MP3 (с использованием кодировщика LAME MP3), Vorbis, FLAC и других форматов;
- запись с микрофона, линейного входа и других источников;
- запись с одновременным прослушиванием имеющихся дорожек;
- запись до 16 каналов одновременно (необходима многоканальная звуковая карта);
- эффекты и расширения как в комплекте поставки, так и устанавливаемые отдельно (LADSPA либо на функциональном языке Nyquist);
- индикаторы уровня записи и воспроизведения;
- изменение темпа с сохранением высоты тона;
- изменение высоты тона с сохранением темпа;
- удаление шума по образцу;
- спектральный анализ с использованием преобразования Фурье с различными формами окна;
- воспроизведение множества дорожек одновременно (без поддержки многоканального звука — при воспроизведении используются только два канала, в которые микшируются все дорожки);
- сведение дорожек с разными качественными характеристиками с автоматическим преобразованием к заданным характеристикам проекта в режиме реального времени;
- результаты могут сохраняться во множество звуковых форматов.

Таким образом, можно отметить наличие минимально достаточного числа учебно-методической литературы и справочных интернет-сайтов, посвященных звуковому редактору Audacity, при их почти полном отсутствии у свободных аналогов, а также очень внушительный функционал при весьма скромных минимальных системных требованиях. Вышеуказанные преимущества, с нашей точки зрения, делают именно звуковой редактор Audacity оптимальным программным средством для поддержки преподавания темы «Создание и обработка звуковой информации» на уровне основного общего образования.

3. Еще раз о принципе инвариантности методики обучения относительно программного и аппаратного обеспечения

Принцип инвариантности методики обучения какой-либо информационной технологии, в том числе технологии создания и обработки цифрового звука, многими авторами (см. например, работу Н. Ю. Королевой [9]) воспринимается как нечто незыблемое и очевидное само по себе. Однако нам представляется, что данный вопрос является значительно более сложным и требует

дальнейших исследований. Тем не менее постараемся рассмотреть его в первом приближении на материале изучаемой нами информационной технологии.

В разделе 2 данной статьи мы уже показали, что для основной школы реально можно использовать только свободные кроссплатформенные офлайн-звуковые редакторы. Под кроссплатформенными мы подразумеваем аудиоредакторы, имеющие сборки под настольные операционные системы (Windows, Linux, MacOS), но не под мобильные ОС (Android, iOS), так как использование абсолютного большинства мобильных устройств в учебном процессе основной школы в настоящее время запрещено законодательно. Кроме того, интересующее нас программное обеспечение очевидно должно обладать невысокими минимальными системными требованиями к аппаратному обеспечению персональных компьютеров, на которых планируется его установка, так как методика обучения должна быть рассчитана в том числе на использование в школах, не оснащенных современными мощными учебными компьютерами. Таким образом, говорить об инвариантности методики обучения относительно аппаратного обеспечения, используемого в учебном процессе, уже не получается.

Далее, рассматривая функционал и пользовательский интерфейс аудиоредакторов, хотелось бы отметить, что для использования в учебном процессе основной школы оптимальным является, с одной стороны, достаточно простой, интуитивно понятный интерфейс, не перегруженный различными сложными в понимании их использования инструментами, так как в основной школе информационные технологии изучаются с ознакомительными целями. С другой стороны, функционал программного обеспечения должен быть все-таки не примитивным, иначе возможна пониженная мотивация учащихся к изучению данной технологии и соответствующего ей программного обеспечения ввиду того, что, когда слишком просто — это неинтересно для подростка.

Таким образом, список подходящего для поддержки преподавания темы «Создание и обработка звуковой ин-

формации» программного обеспечения все более и более сужается, и, с нашей точки зрения, *представляется рациональным, чтобы разработчик методики обучения некоей информационной технологии рекомендовал конкретный вариант программного обеспечения, которое предполагается использовать в его методике*. Данная позиция определяется тем, что у учителей информатики, особенно у молодых специалистов, использующих определенную методику обучения в своей работе, явно не хватает времени на эксперименты с применением различных аналогичных программ и на выбор оптимального варианта. Применение неудачного программного обеспечения, а также непродуманного стека практических заданий по освоению изучаемой информационной технологии может привести к духовно-нравственным деформациям у школьников, например к неоправданному пораженческому опыту. В связи с вышесказанным принцип инвариантности методики обучения информационным технологиям относительно программного обеспечения, используемого в учебном процессе, также представляется весьма сомнительным и определенно нуждающимся в дальнейшем изучении и уточнении.

4. Поурочное планирование по теме «Создание и обработка звуковой информации» на уровне основного общего образования

В таблице 2 представлен возможный вариант поурочного планирования по теме «Создание и обработка звуковой информации» для основной школы. Отметим, что полный вариант преподавания рассматриваемой нами информационной технологии займет 10 учебных часов, на что не всегда есть время в учебном плане в рамках преподавания непосредственно предмета информатики. В таком случае существует возможность включить изучение цифрового звука по предлагаемой

Таблица 2

Поурочное планирование по теме «Создание и обработка звуковой информации» для основной школы

№ урока	Содержание урока	Вид урока
1	Теория звука. Цифровое кодирование аналогового звукового сигнала. Дискретизация. Квантование	Лекция
2	Различные цифровые звуковые форматы. Форматы MP3, WAV, OGG. Решение задач на нахождение информационного объема звукового файла двумя способами — расчетным и экспериментальным	Лекция, семинар
3	Первичное знакомство с звуковым редактором Audacity. Решение задач на нахождение информационного объема звукового файла двумя способами — расчетным и экспериментальным	Практическая работа, семинар
4	Обзор основных программных средств для создания и обработки цифровой звуковой информации. Критерии выбора оптимального программного средства для обработки цифрового звука	Лекция, семинар
5	Официальный сайт проекта Audacity и установка дистрибутива программы под основными настольными операционными системами (Windows, Linux, MacOS). Подробное изучение интерфейса пользователя звукового редактора Audacity	Лекция, практическая работа

Окончание табл. 2

№ урока	Содержание урока	Вид урока
6	Поиск в открытых источниках и последующий импорт в звуковой редактор Audacity звуковых файлов, содержащих как отдельные звуки, так и музыку. Обзор законодательства в области защиты авторских и смежных прав на музыкальные произведения	Лекция, практическая работа
7	Параллельное использование нескольких звуковых дорожек. Основные операции редактирования звуковых файлов (выделение, вырезание, копирование, вставка звукового фрагмента). Последующее сохранение готового проекта во внутреннем формате редактора Audacity — AUP	Практическая работа
8	Самостоятельная запись звука (голоса) с помощью редактора Audacity и последующее наложение на него фоновой мелодии	Практическая работа
9	Применение различных эффектов к фрагментам звукозаписи	Практическая работа
10	Защита индивидуальных проектов по созданию собственного аудиоклипа учащимися средствами звукового редактора Audacity	Конференция

нами методике в материал элективного курса или объединения дополнительного образования по теме, например, «Современные информационные технологии».

5. Краткое содержание обучения по теме «Создание и обработка звуковой информации» на уровне основного общего образования

5.1. Этап 1. Теоретические основы цифрового кодирования звуковой информации.

Экспорт цифрового звука в различные звуковые форматы — MP3, WAV, OGG

В настоящей работе мы не ставим цель подробно разобрать теоретические аспекты оцифровки звуковой информации, так как это сделано ранее авторами многих учебных пособий по информационным технологиям, например, А. С. Грошевым, П. В. Закляковым в [7, с. 96–108].

В данном разделе в рамках разрабатываемой методики можно предложить возможный вариант проведения практической работы по измерению информационного объема звукового файла, записываемого с неким заданным значением дискретизации. Идея проведения лабораторной работы связана с задачами на кодирование звуковой информации, аналогичными задаче 7 из КИМ ЕГЭ по информатике.

Возьмем, например, следующее условие **задачи** [8]:

Производится двухканальная (стерео) звукозапись с частотой дискретизации 48 кГц. Запись длится 2 минуты 15 секунд, ее результаты записываются в файл без сжатия данных, причем каждый сигнал кодируется минимально возможным и одинаковым количеством бит. Максимальная битовая глубина кодирования звука, которая была использована в этой записи, — 24 бита. Определите информационный объем полученного файла в мегабайтах. В ответе запишите только число.

С одной стороны, задача может быть решена с помощью вычислений, а с другой стороны, результат вычислений может быть проверен проведением звукозаписи

с указанными в задаче параметрами и последующим определением объема полученного звукового файла.

Вычислим информационный объем звукового файла теоретически по формуле 1 с точностью до первого знака после запятой и получим 37,1 Мбайт.

$$I = \frac{2 \cdot 48000 \cdot 135 \cdot 24}{8 \cdot 1024 \cdot 1024} = 37,1 \text{ Мбайт.} \quad (1)$$

Далее проведем звукозапись в программе Audacity с указанными в задаче параметрами и затем экспортируем эту звукозапись в доступные форматы. Результаты данного эксперимента приведены в таблице 3.

Таким образом, на основе данных таблицы 3 можно сделать вывод, что расчетное значение информационного объема звукового файла совпадает с экспериментальным полученным значением для файла, экспортированного в «сырой» звуковой формат WAV без потери качества звука.

5.2. Этап 2. Обзор основных программных средств для создания и обработки цифровой звуковой информации. Критерии выбора оптимального программного средства для обработки цифрового звука

Материал данного этапа обучения полностью представлен в разделе 2 настоящей статьи.

5.3. Этап 3. Официальный сайт проекта Audacity и установка дистрибутива программы под основными настольными операционными системами (Windows, Linux и MacOS). Подробное изучение интерфейса пользователя звукового редактора Audacity

Интерфейс пользователя аудиоредактора Audacity включает в себя следующие основные элементы (рис. 1):

1. Панель меню программы.
2. Панель основных инструментов (пауза, воспроизведение, стоп, запись и т. д.).
3. Панель «Инструменты» позволяет выбрать текущий инструмент для таких задач, как выделение, регулировка громкости или масштабирование звукового сигнала по горизонтали.

Таблица 3

Результаты эксперимента по оцифровке звука в разных форматах

№ п/п	Формат аудиоданных для загрузки	Характеристика формата	Информационный объем загруженного файла, Мбайт
1	MP3	В формате MP3 используется алгоритм сжатия с потерями, разработанный для существенного уменьшения размера данных, необходимых для воспроизведения записи и обеспечения качества воспроизведения звука, близкого к оригинальному [21]	1,96
2	OGG (Vorbis)	Открытый стандарт формата мультимедиа-контейнера, являющийся основным файловым и потоковым форматом для мультимедиа-кодеков фонда Xiph.Org. OGG является всего лишь контейнером. Звук или видео сжимаются кодеками, например, Vorbis. Vorbis — это кодек для сжатия звука с потерями на средних и высоких битрейтах (~16–500 (Кбит/с)/канал) [22]	5,44
3	WAV	Формат файла-контейнера для хранения записи оцифрованного аудиопотока. Этот контейнер, как правило, используется для хранения несжатого звука в импульсно-кодовой модуляции [23]	37,1

4. Панель инструментов индикатора записи.

5. Панель инструментов индикатора воспроизведения.

6. Панель инструментов микшера. Здесь настраиваются громкость записи (амплитуда сигнала, с которой будет выполняться запись) и громкость воспроизведения.

7. Панель инструментов *Редактирование звука*. Содержит инструменты, которые выполняют те же функции,

что и те, которые доступны через меню *Правка*, меню просмотра, меню дорожек и сочетания «горячих» клавиш.

8. Панель инструментов *Управление скоростью*. Позволяет воспроизводить или записывать звук с более низкой или более высокой скоростью, чем обычно, что также влияет на высоту тона. Более низкая, чем обычно, скорость может облегчить расшифровку речи или текстов песен.

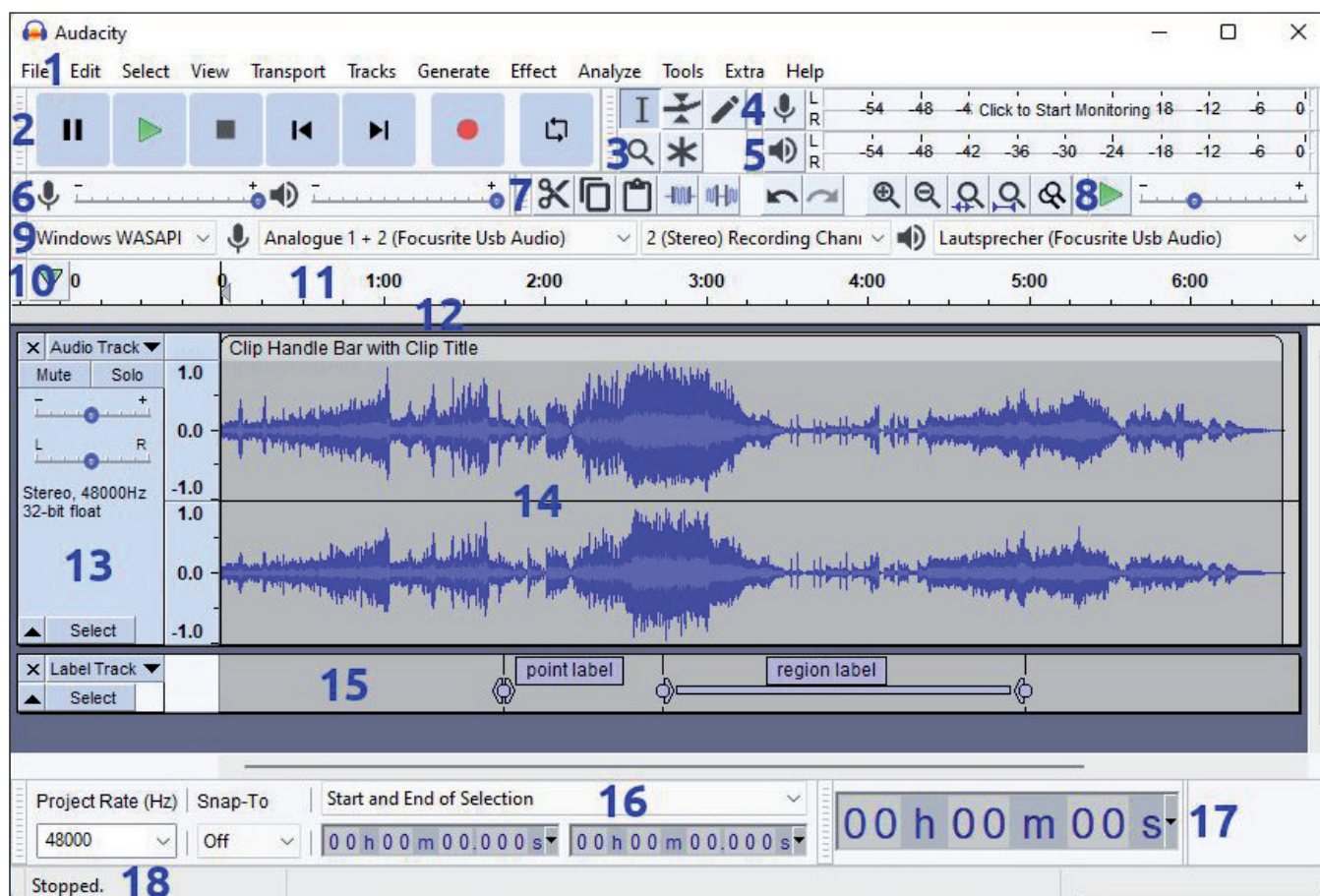


Рис. 1. Интерфейс пользователя аудиоредактора Audacity

9. Панель звуковых устройств, зарегистрированных на компьютере. Позволяет выбрать микрофон и динамики, которые будут применяться при записи и воспроизведении в Audacity.

10. Режим закрепленной/незакрепленной головки воспроизведения/записи. Существует возможность изменить режим воспроизведения и записи с фиксированной головкой, закрепленной на временной шкале. В этом режиме головка остается статической, а профиль звукового сигнала будет двигаться по мере воспроизведения или записи звука. Переключение режимов поведения головки воспроизведения/записи производится с помощью кнопки слева от временной шкалы. По умолчанию данная кнопка отображается в виде зеленого треугольника, направленного вниз. В этом режиме головка воспроизведения или записи будет перемещаться горизонтально, а волновая форма звукового сигнала будет прокручиваться при необходимости (в случае выхода за границы видимости участка звукового сигнала).

11. Временная шкала. Располагается над звуковыми дорожками в виде горизонтальной линейки, отсчитывающей время от нуля (начала звуковой дорожки). В зависимости от масштабирования линейка может как охватывать минуты записанного звука, так и отображать звуковой сигнал «крупным планом» в интервале нескольких секунд или долей секунды.

12. Скраб-линейка. По умолчанию отключена, включается с помощью команды *Правка, Настройки, Интерфейс, Показать скраб-линейку*. Инструмент используется для перемотки и точного поиска какого-либо определенного места в звукозаписи.

13. Вертикальная панель управления звуковой дорожкой. Позволяет удалять звуковую дорожку, отключать воспроизведение данной звуковой дорожки или, наоборот, включать только данную дорожку, регулировать относительную громкость звука данной дорожки, изменять баланс между каналами (левым и правым) звуковой дорожки, использовать меню настройки свойств данной дорожки.

14. Звуковая дорожка, содержащая цифровой звук. Новые звуковые дорожки создаются всякий раз, когда импортируется аудиофайл или пользователь записывает звук с помощью микрофона. Существует возможность создать новую пустую моно- или стереофоническую дорожку с помощью команды *Треки, Добавить новый*. Проект в Audacity может содержать несколько звуковых дорожек, в таком случае звуки, расположенные на них, будут воспроизводиться параллельно.

15. Трек (дорожка) меток. Дополнительный трек, который можно создать в разрабатываемом проекте. Метки в дорожке меток можно использовать для опорных точек или областей в звуковых дорожках проекта. Для создания метки необходимо выделить участок записи, который предполагается пометить, затем используется команда *Правка, Метки, Добавить метку в выделение*. Созданную таким образом на дорожке меток метку можно отредактировать (изменить имя) с помощью контекстного меню *Правка метки*.

16. Поля выбора позиции. Используются для отображения, например, начала и конца выделения фрагмента звукозаписи в формате «часы, минуты, секунды». Данный инструмент удобно использовать в том случае, когда необходимо выделить звук определенной продолжительности.

17. Панель инструментов времени. Панель, которая отображает текущую позицию звука. При воспроизведении или записи данный инструмент динамически показывает текущее положение головки воспроизведения или записи. Поскольку эта панель инструментов доступна только для отображения информации, ее нельзя использовать для сброса положения звуковой головки.

18. Строка состояния Audacity. Серая горизонтальная полоса, расположенная в нижней части окна редактора. Строка состояния не перемещается в интерфейсе программы. Функция строки состояния состоит в том, чтобы отображать статус программы в настоящий момент времени, а именно о записи или воспроизведении, об остановке воспроизведения и т. п. Выше строки состояния находится переключатель частоты дискретизации звукозаписи. Частота дискретизации для проекта по умолчанию установлена на 44 100 Гц.

5.4. Этап 4. Поиск в открытых источниках и последующий импорт в звуковой редактор Audacity звуковых файлов, содержащих как отдельные звуки, так и музыку. **Обзор законодательства в области защиты авторских и смежных прав на музыкальные произведения**

После ознакомления учащихся с основными панелями инструментов звукового редактора Audacity и их назначением, можно переходить к следующему этапу изучения темы «Создание и обработка звуковой информации», а именно к скачиванию некоторых звуковых фрагментов и последующей их обработке. Под звуковыми фрагментами мы подразумеваем как различные звуки, так и фрагменты музыкальных произведений.

При использовании учащимися при создании собственных проектов различных звуковых фрагментов, скаченных в том числе из открытых источников в сети Интернет, необходимо обратить внимание на соблюдение законодательства Российской Федерации в области защиты авторских и смежных прав. Согласно статье 1259 Гражданского кодекса РФ, объектами авторских прав являются произведения науки, литературы и искусства независимо от достоинств и назначения произведения, а также от способа его выражения, в том числе музыкальные произведения с текстом или без текста. Таким образом, для использования в учебном процессе основной школы (образовательная некоммерческая организация) подходят только музыкальные произведения, распространяемые по свободной лицензии (Creative Commons) или являющиеся общественным достоянием (Public Domain).

Для лицензий типа Creative Commons действует следующий принцип: каждая лицензия позволяет пользователям произведения, если они следуют условиям лицензии, по крайней мере в некоммерческих целях [10]:

- копировать произведение;
- распространять его;
- показывать или исполнять его публично;
- делать его цифровые публичные представления (например, вебкастинг);
- переводить произведение в другой формат как точную копию.

Понятие «общественное достояние» относится к музыкальным произведениям, авторские права на

которые прекратили действовать за истечением срока или никогда не существовали.

Вопрос с использованием музыкальных произведений встает при размещении своего аудио- или видеопроекта (ролика) на видеохостинге YouTube, на котором производится проверка всего загружаемого контента на соблюдение авторских прав.

Что касается различных звуков и шумов, то с ними также могут возникнуть проблемы с загрузкой на YouTube. Так, например, в некоторых случаях даже птичьи песни могут быть распознаны как авторский материал и заблокированы. Вероятно, алгоритмы YouTube считают птичьи песни в фильме очень похожими на звук, защищенный авторским правом [1]. Однако если мы используем звуки и шумы из интернет-коллекций, на сайтах которых декларируется, что все звуки получены из открытых источников, то с точки зрения законодательства Российской Федерации в этом вряд ли можно усмотреть нарушение авторского права. В качестве примера такой коллекции звуков можно привести шумотеку NoiseFX.ru [17]. Команда NoiseFX отмечает на своем сайте, что на нем можно бесплатно скачать звуки для видеомонтажа, рекламных аудио- и видеороликов, театральных представлений, видеоблогов, а также что находящиеся на сайте шумовые эффекты собраны из открытых источников, отсортированы, классифицированы и представлены для широкого использования.

Таким образом, для скачивания музыки, которая может быть легально использована в дальнейшем при создании учащимися различных аудиоклипов, необходимо использовать только сайты с произведениями, распространяемыми как общественное достояние или по лицензии Creative Commons. В качестве примера такого источника можно привести портал Free Music Archive (FMA), основанный в 2009 году радиостанцией WFMU, который предлагает бесплатный доступ к оригинальной музыке с открытой (свободной) лицензией [20].

Скачанные из открытых ресурсов сети Интернет звуки в дальнейшем импортируются в звуковой редактор Audacity с помощью команды *Файл, Импорт, Аудиоданных* и открываются в виде новой звуковой дорожки, как показано на рисунке 1. Перед началом создания нового проекта разумно открыть все звуки, которые планируется использовать в проекте, на отдельных дорожках.

Далее мы переходим к рассмотрению основных операций со звуковыми фрагментами, которые позволяют совершать функционал звукового редактора Audacity.

5.5. Этап 5. Параллельное использование нескольких звуковых дорожек, основные операции редактирования звуковых файлов (выделение, вырезание, копирование, вставка звукового фрагмента). Последующее сохранение готового проекта во внутреннем формате редактора Audacity — AUP

В редакторе Audacity со звуковыми фрагментами можно совершать следующие операции: *вырезать, удалить, копировать, вставить, дублировать, вырезать без соединения, удалить без соединения, заменить тишиной, обрезать звук*. Данные операции доступны пользователю через меню *Правка*. При использовании операций *вырезать без соединения* и *удалить без соеди-*

нения на месте удаленного фрагмента остается пустота. При использовании операции *обрезать звук* удаляется все, кроме выделенного звукового фрагмента.

При построении методики обучения теме «Создание и обработка звуковой информации» на уровне основного общего образования для отработки учащимися операций редактирования звуковых файлов с помощью стандартных операций редактирования, перечисленных выше, в качестве задания можно предложить **мини-проект**, целью которого будет создание аудиоклипа. Аудиоклип должен состоять из нескольких звуков и соответствующего музыкального оформления, причем предполагается наличие нескольких (минимум двух) звуковых дорожек для того, чтобы некоторые звуки были расположены последовательно, один за другим на одной из дорожек, а другие — параллельно им на других дорожках (дорожке).

На рисунке 2 показан возможный вариант реализации мини-проекта по созданию аудиоклипа с использованием двух звуковых дорожек. Цифрами 1–6 показаны различные звуки, расположенные последовательно на звуковой дорожке 1, а именно:

- 1) звук открывания двери автомобиля;
- 2) звук закрывания двери автомобиля;
- 3) звук включения двигателя автомобиля;
- 4) звук проезжающего по шоссе автомобиля;
- 5) звук резкого торможения;
- 6) реакция окружающих на происходящее.

Цифрами 7–8 на рисунке 2 показано музыкальное сопровождение на звуковой дорожке 2, которое имитирует включение музыки в салоне автомобиля, цифрой 9 — продублированный фрагмент звука 8, полученный с использованием стандартного встроенного эффекта *Повтор* звукового редактора.

Для промежуточного сохранения звукового проекта в редакторе Audacity используется собственный внутренний формат этого редактора — AUP. Данный формат не открывается медиапроигрывателями, и для сохранения готового проекта используется экспорт файлов в форматы MP3, WAV и OGG, которые были рассмотрены в разделе 5.1.

5.6. Этап 6. Самостоятельная запись звука (голоса) с помощью редактора Audacity и последующее наложение на него мелодии

После того как учащиеся усваивают основные навыки применения функционала звукового редактора Audacity, на этапе 6 обучения теме «Создание и обработка звуковой информации» можно переходить к разработке мини-проекта, заключающегося в записи собственного голоса и наложении на него какой-либо фоновой мелодии.

Процесс записи в Audacity очень прост: необходимо установить тот микрофон, который пользователь хочет использовать при записи, на панели звуковых устройств и нажать кнопку *Запись* на панели основных инструментов, а после окончания записи — кнопку *Смон.* В процессе записи пользователь будет видеть графически заполняющуюся звуковую дорожку.

Отметим, что правильной последовательностью действий на данном этапе будет следующая:

- 1) записать собственный голос;
- 2) прослушать получившуюся запись;
- 3) вырезать участки тишины или звуковых шумов;



Рис. 2. Пример реализации мини-проекта по созданию аудиоклипа в редакторе Audacity

- 4) импортировать выбранную мелодию;
- 5) подобрать тот участок мелодии, который больше всего соответствует голосовой записи, и удалить лишние части звуковой дорожки, содержащие фоновую мелодию, добившись одинаковой длительности голосовой и фоновой звуковых дорожек;
- 6) прослушать получившийся вариант наложения и скорректировать относительную громкость голоса и фоновой мелодии для обеспечения четкой слышимости голоса;
- 7) сохранить готовый проект во внутреннем формате Audacity — AUP для последующего применения к нему звуковых эффектов.

На данном этапе также важно не забывать, что фоновые мелодии необходимо брать только из интернет-ресурсов, на которых выложены музыкальные компо-

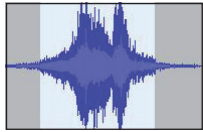

зиции, распространяемые как общественное достояние или по лицензии Creative Commons, иначе полученный звуковой клип будет создан с нарушением законодательства Российской Федерации в области защиты авторских прав на музыкальные произведения.

5.7. Этап 7. Применение различных эффектов к фрагментам звукозаписи

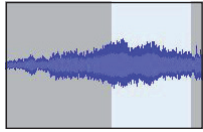
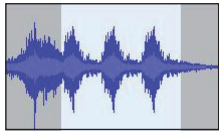
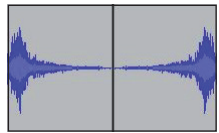
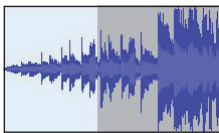
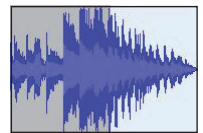
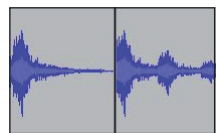
Звуковой редактор Audacity в своем арсенале имеет большое количество различных звуковых эффектов, использование которых делает аудиоклип, который разрабатывается учащимися в качестве конечного продукта изучения технологии обработки цифрового звука в рамках предлагаемой методики, значительно интереснее и разнообразнее. Далее в таблице 4 рассмотрим подробнее некоторые основные звуковые эффекты, ко-

Таблица 4

Основные звуковые эффекты меню *Эффекты* аудиоредактора Audacity

№ п/п	Наименование звукового эффекта	Описание звукового эффекта	Графическое отображение звукового эффекта
1	<i>Усиление</i>	Увеличивает или уменьшает громкость выбранного звука в децибелах. Audacity автоматически вычисляет максимальную величину, на которую можно усилить выбранный звук, не вызывая клиппинга (искажения, вызванного попыткой сделать звук слишком громким). Есть возможность разрешить клиппинг. На рисунке 3 показано применение эффекта <i>Усиление</i> с клиппингом (перегрузкой).	 Рис. 3. Применение эффекта <i>Усиление</i> с клиппингом
2	<i>НЧ и ВЧ (низкие частоты и высокие частоты)</i>	Увеличивает или уменьшает низкие и высокие частоты звука независимо друг от друга. Данный эффект ведет себя точно так же, как эквалайзер низких и высоких частот в домашней стереосистеме. На рисунке 4 показано применение эффекта НЧ и ВЧ, при котором высокие частоты усилены на 20 дБ, а низкие частоты уменьшены на 20 дБ.	 Рис. 4. Применение эффекта <i>НЧ и ВЧ</i>

Окончание табл. 4

№ п/п	Наименование звукового эффекта	Описание звукового эффекта	Графическое отображение звукового эффекта
3	<i>Изменение скорости</i>	Изменяет (увеличивает или уменьшает) скорость воспроизведения выделенного звукового фрагмента и одновременно меняет частоту звука. Увеличение скорости приводит к увеличению частоты звука, и наоборот. На рисунке 5 к участку звукового сигнала на светлом фоне применен эффект <i>Изменение скорости</i> в сторону увеличения в два раза, и, следовательно, его длина уменьшилась в два раза.	 <i>Рис. 5. Применение эффекта Изменение скорости</i>
4	<i>Повтор</i>	Повторяет выделенный звуковой фрагмент указанное количество раз. На рисунке 6 показано применение эффекта <i>Повтор</i> к звуковому фрагменту два раза, в результате чего на светлом фоне видно три одинаковых звука, повторяющихся один за другим.	 <i>Рис. 6. Применение эффекта Повтор</i>
5	<i>Реверс</i>	Переворачивает выбранный звуковой фрагмент таким образом, чтобы он звучал так, как будто он воспроизводится с конца до начала (в обратную сторону). На рисунке 7 показано, что к левому звуковому фрагменту сначала был применен эффект <i>Повтор</i> один раз, а затем к повторенной части звука — эффект <i>Реверс</i> , в связи с чем полученный результат визуально воспринимается как отраженный относительно вертикали.	 <i>Рис. 7. Применение эффекта Реверс</i>
6	<i>Фейд-подъем</i>	Применяет нарастание к выбранному фрагменту звука, чтобы амплитуда постепенно возрастала от тишины в начале выделения до исходной амплитуды в конце выделения. Форма затухания линейная. Скорость нарастания полностью зависит от длины выделения, к которому оно применяется. На рисунке 8 показано применение эффекта <i>Фейд-подъем</i> к звуковому фрагменту на светлом фоне.	 <i>Рис. 8. Применение эффекта Фейд-подъем</i>
7	<i>Фейд-спад</i>	Применяет затухание к выбранному звуковому фрагменту, чтобы амплитуда постепенно уменьшалась от исходной амплитуды в начале выделения до тишины — в конце выделения. Форма затухания — линейная. Скорость затухания полностью зависит от длины выделения, к которому оно применяется. На рисунке 9 показано применение эффекта <i>Фейд-спад</i> к звуковому фрагменту на светлом фоне.	 <i>Рис. 9. Применение эффекта Фейд-спад</i>
8	<i>Эхо</i>	Повторяет выбранный звук снова и снова, обычно с каждым разом тише. Время задержки между повторами фиксировано, паузы между повторами нет. На рисунке 10 показано сначала применение эффекта <i>Повтор</i> к левому фрагменту звука, а затем к повторенному участку — применение эффекта <i>Эхо</i> . На рисунке видно, что область с большей амплитудой повторяется два раза при условии постепенного убывания амплитуды со временем.	 <i>Рис. 10. Применение эффекта Эхо</i>

торые доступны пользователю в меню *Эффекты* аудиоредактора Audacity и могут быть с успехом использованы учащимися при создании ими собственных аудиоклипов.

6. Заключение

В статье описан каркас методики обучения школьников на уровне основного общего образования теме «Создание и обработка звуковой информации» с использованием свободного кроссплатформенного офлайн-звукового редактора Audacity. Показано, что в качестве базового программного обеспечения для преподавания

данной темы можно использовать исключительно свободные кроссплатформенные офлайн-звуковые редакторы, имеющие скромные минимальные системные требования к аппаратному обеспечению персональных компьютеров, на которые планируется их установка.

Оптимальным вариантом такого программного обеспечения, с нашей точки зрения, является звуковой редактор Audacity, в некоторой степени обеспеченный учебно-методической литературой, посвященной технологии его использования в учебном процессе, а также учебными и справочными интернет-ресурсами. Кроме того, аудиоредактор Audacity сочетает в себе весьма вну-

шительный функционал, близкий к профессиональным аналогам, и достаточно простой, интуитивно понятный школьнику русифицированный интерфейс пользователя.

Предложенная в статье методика обучения теме «Создание и обработка звуковой информации» имеет следующие преимущества перед методиками, построенными на использовании проприетарного программного обеспечения, и методиками, в которых не конкретизируется тип применяемого программного обеспечения:

- может быть использована как для очной, так и для дистанционной форм обучения, так как программное обеспечение, используемое в ней в качестве базового, может быть установлено практически на любые конфигурации домашних персональных компьютеров, работающих под основными типами операционных систем (Windows, Linux, MacOS);
- соответствует законодательству Российской Федерации в области охраны здоровья учащихся (СП 2.4.3648-20 [12]), так как не предполагает использования мобильных устройств в учебном процессе;
- не требует дополнительных финансовых вложений в закупку лицензий на использование проприетарного программного обеспечения как для учебных компьютеров, так и для домашних компьютеров учащихся;
- обеспечивает высокую устойчивость учебно-воспитательного процесса к деструктивному влиянию на информационную структуру российских образовательных организаций, заключающемуся в том числе в немотивированном отказе в лицензиях на использование проприетарного программного обеспечения иностранного производства [11]. Отметим, что максимальный уровень устойчивости может быть достигнут в результате перевода учебного процесса на отечественные операционные системы, специально ориентированные на нужды образовательных организаций, такие как, например, «Альт Образование 10» [2]. Кроме того, устойчивость учебного процесса обусловливается тем, что применяемый офлайновый звуковой редактор не предполагает наличия обязательного постоянного подключения к сети Интернет в течение всего урока, что необходимо в случае использования онлайн-аудиоредакторов (как это предлагается, например, в [9]);
- обеспечивает соблюдение авторских прав учащихся, причем в двояком смысле: как в отношении использования лицензионного свободного программного обеспечения в учебном процессе, так и в отношении использования только музыкальных произведений, распространяемых как общественное достояние или по лицензии Creative Commons;
- обеспечивает высокую мотивацию обучающихся к изучению материала темы, так как используемый звуковой редактор — достаточно мощный по функционалу и в то же время обладает интуитивно понятным русифицированным интерфейсом; кроме того, его можно использовать в домашних условиях для реализации учащимися своих собственных проектов;
- обеспечивает высокий интерес обучающихся к изучаемой теме в связи с предпрофессиональ-

ной подготовкой к возможному для некоторых школьников будущему овладению профессией звукорежиссера — ввиду использования программного обеспечения, эквивалентного профессиональному, и соответствующих алгоритмов обработки цифрового звука.

Список источников

1. Ализар А. Шум ветра тоже может быть «авторским материалом» // Хабр. 18 июня 2012 года. <https://habr.com/ru/post/145984/>
2. Альт Образование 10.0. Документация. Руководство пользователя. <https://docs.altlinux.org/ru-RU/alt-education/10.0/html/alt-education/ch39.html#idm45732522625936>
3. Бреснахэн К., Блум Р. Linux на практике. СПб.: Питер, 2017. 384 с.
4. Волков В. Б. Линукс Юниор: книга для учителя. М.: Alt Linux; ДМК Пресс, 2010. 362 с.
5. Глушаков С. В., Харьковский А. В. Цифровое видео и аудио. Секреты обработки на ПК. М.: АСТ Москва; Владимир: ВКТ, 2008. 320 с.
6. Горюнов В. А., Стась А. Н. Обработка и монтаж аудиозаписей с использованием Audacity (ПО для обработки и монтажа аудиозаписей): учебное пособие. М., 2008. 40 с. [https://pdf.zlibcdn.com/dtoken/52b94de7a8bac97239ccdf39a531dd73/Obrabotka_i_montazh_audiozapisei_s_ispolzovaniem_A_792223_\(z-lib.org\).pdf](https://pdf.zlibcdn.com/dtoken/52b94de7a8bac97239ccdf39a531dd73/Obrabotka_i_montazh_audiozapisei_s_ispolzovaniem_A_792223_(z-lib.org).pdf)
7. Грошев А. С., Заляков П. В. Информатика: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ДМК Пресс, 2018. 672 с.
8. ЕГЭ по информатике. Задания КИМ № 7. Информационный объем звуковых данных // Сайт К. Ю. Полякова. <https://kpolyakov.spb.ru/school/ege/gen.php?action=viewAllEgeNo&egeId=7&cat39=on>
9. Королева Н. Ю. Формирование умений работы с цифровым звуком в школьном курсе информатики // Информатика в школе. 2021. № 10. С. 28–31.
10. Лицензии и инструменты Creative Commons // Википедия. https://ru.wikipedia.org/wiki/Лицензии_и_инструменты_Creative_Commons
11. Пешкова И. МГТУ Баумана остается без Windows: Microsoft отказалась поставлять ему свое ПО // CNews. 9 декабря 2020 года. https://www.cnews.ru/news/top/2020-12-09_mgtu_baumana_ostalsya_bez
12. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 28 от 28 сентября 2020 года «Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»». <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012210122>
13. Прокудин А., Эцманн Э., Мацонни Д. Audacity 1.2.1. Вводный курс. ALT LINUX TEAM, 2004. <https://glashkoff.com/wp-content/uploads/2017/02/audacity.pdf>
14. Системные требования Audacity. <https://легион.net/audacity-2-0-4-rus-portable/>
15. Федосов А. Ю., Маркушевич М. В. Актуальные вопросы применения отечественного программного обеспечения в учебно-воспитательном процессе общеобразовательной школы // Информатика и образование. 2018. № 6. С. 11–21.
16. Федосов А. Ю., Маркушевич М. В. Элементы методики преподавания векторной графики на основе свободного графического редактора LibreOffice Draw на уровне основного общего образования // Информатика в школе. 2021. № 9. С. 4–13.
17. Шумотека. Онлайн коллекция звуков NoiseFX.ru. <https://noisefx.ru>
18. Audacity // Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Audacity>
19. Audacity Tour Guide — Audacity Manual // Audacity Manual. https://manual.audacityteam.org/man/audacity_tour_guide.html#other
20. Free Music Archive. <https://freemusicarchive.org/>
21. MP3 // Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/MP3>
22. Ogg // Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ogg>
23. WAV // Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/WAV>