

УДК 7

## ТРАНСЛИРУЕМОСТЬ АКАДЕМИЧЕСКОЙ МУЗЫКИ СОВРЕМЕННОМУ СЛУШАТЕЛЮ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*Юсса Е. Б.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов, ул. Фучика, д. 15, Санкт-Петербург, 192238, Россия.

В настоящей статье автор анализирует различные способы записи академической музыки и их последующего прослушивания, включая как обычные стереофонические способы, так и новаторские многоканальные. Основной вопрос, который ставит автор, — при каком из этих способов у слушателя может возникнуть ощущение «погружения» в звуковое пространство, как если бы он находился в концертном зале? Рассматриваются как бинауральная система воспроизведения звука с помощью головных стереотелефонов, так и многоканальные системы с громкоговорителями. В качестве современной системы, создающей иллюзию трехмерного пространства при использовании головных стереотелефонов, приводится система Dolby Atmos. Автор приводит результаты работы с небольшой тестовой группой, подводящие к выводу, что моделирование трехмерного пространства негативно сказывается на некоторых критериях оценки качества фонограмм. Вместе с тем автор видит большой потенциал в развитии «иммерсивных» способов воспроизведения звука, что позволяет большому количеству слушателей ощутить магию академической музыки.

**Ключевые слова:** академическая музыка, стереофония, иммерсивный, Dolby Atmos, многоканальный звук, бинауральный.

## BROADCASTABILITY OF ACADEMIC MUSIC TO THE MODERN LISTENER: PROBLEMS AND SOLUTIONS

*Yussa E. B.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg University of Humanities and Social Sciences, 15, Fuchica St., St. Petersburg, 192238, Russian Federation.

In this article the author analyzes various ways of recording academic music and their subsequent listening, including both conventional stereophonic methods and innovative multi-channel ones. The main question that the author poses is in which of these ways can the listener get the feeling of “immersion” in the sound space, as if he were in a concert hall? Both a binaural sound

reproduction system with the help of stereo headphones and multichannel systems with loudspeakers are considered. Dolby Atmos is cited as a modern system that creates the illusion of three-dimensional space when using stereo headphones. The author presents the results of a study on a small test group, showing that the modeling of three-dimensional space has a negative effect on some criteria for assessing the quality of phonograms. At the same time, the author sees great potential in the development of “immersive” methods of sound reproduction, which allows a large number of listeners to experience the magic of academic music.

**Keywords:** Academic music, stereophony, immersive, Dolby Atmos, multichannel sound, binaural.

В каких условиях слушать академическую музыку? Ответ на этот вопрос является очевидным для постоянных посетителей концертных залов, и такой вопрос не мог бы возникнуть еще какие-то 150 лет назад. Правильно спроектированный концертный зал может не только передать натуральное звучание музыкальных инструментов, но и усилить эмоциональное воздействие музыки на слушателя, выступая в качестве устройства эквализации (давать возможность устранять влияние одних частот, увеличивать уровень других, важных для «окраски» тембра музыкального инструмента). Например, основы архитектуры амфитеатров Древней Греции были использованы при строительстве европейских театральных залов [1], которые позволяют усиливать частоты (форманты), отвечающие за речь человека, при этом ослабляющие нежелательные низкочастотные составляющие. С другой стороны, музыка, исполняемая, например, в христианских соборах, требовала меньшей разборчивости (с точки зрения звучания отдельных инструментов), но большей громкости и большего времени реверберации (времени, за которое затухает звук, отраженный от поверхностей помещения), поэтому при строительстве использовались иные архитектурные решения [1, с. 519]. На сегодняшний день существуют стандарты времени реверберации помещений (ГОСТ Р ИСО 3382-2-2013), по которым проектируются концертные залы и студийные комплексы. Таким образом, помещение, в котором исполняется музыка, является неотъемлемой ее частью, которое может как усилить, так и понизить эмоциональный накал произведения.

С появлением звукозаписи появилась возможность транслировать музыкальное произведение конечному слушателю на его персональное устройство воспроизведения звука (магнитофон, проигрыватель грампластинок). Сама идея трансляции возникла задолго до записи звука и неразрывно связана с изобретением телефона Александром Беллом в 1876 году. Через год

французский инженер Клемент Адер создал аудиосистему [2; 3], которая позволила передать концерт из Парижского оперного театра слушателям на Международной выставке электричества, здание которой находилось на расстоянии около двух километров. В то время не было знаний о том, как транслировать не только звучание инструментов, но и звучание окружающего пространства, чтобы у слушателя от прослушивания концерта возникло ощущение, подобное тому, как если бы он находился непосредственно в зрительном зале. Существовали только догадки о том, что необходимо передавать аудиосигнал по двум линиям. Звук с каждой линии должен попадать непосредственно в ухо человека, но правил, регламентирующих то, каким образом располагать приемники сигнала (микрофоны) в пространстве, чтобы получить пространственный звуковой образ, не существовало. Эксперименты в этой области начались во время Первой мировой (1914–1918) войны [4], продолжились в 1920-е, и только в 1931 году английский инженер Адам Блумляйн [5] запатентовал технологию, представляющую методы получения стереофонической звуковой картины, которыми пользуются и по сей день. Существует несколько микрофонных стереосистем, используемых для звукозаписи академической музыки. Рассмотрим кратко основные. Первая, самая популярная — это разделенная АВ-система [6, с. 308]. Два микрофона располагают горизонтально на расстоянии до одного метра один от другого на оптимальном расстоянии напротив оркестра. Такая конфигурация позволяет использовать ненаправленные микрофоны, известные своим натуральным звучанием. В системе O.R.T.F. микрофоны располагаются под углом  $110^\circ$  (учитывается тень от головы, когда звук, слышимый, например, справа, попадает в левое ухо через некоторое время), на расстоянии 17 см (среднее расстояние между ушами). В результате получается звуковая картина, близкая к натуральной. Систему Decca Tree [7; 8] располагают на стойках над головой дирижера примерно около четырех метров, что позволяет получить реалистичный стереообраз и хороший баланс инструментов. Также используются “spot-микрофоны”, которые устанавливаются в непосредственной близости от инструмента (расстояние выбирается в зависимости от типа инструмента) для более детальной записи и для расширения творческих возможностей последующего микширования.

Итак, какую же звуковую картину предлагает слушателю стереозапись симфонического оркестра? Предположим, что прослушивание происходит в идеальных условиях: громкоговорители удовлетворяют требованиям линейности амплитудно-частотной характеристики (отсутствует сильное усиление или ослабление звукового сигнала на различных частотах); помещение имеет акустические характеристики контрольной комнаты (студийного помещения для профессиональной работы со звуком); слушатель располагается

в определенной точке между двумя громкоговорителями, которые создают так называемый «виртуальный» звуковой образ, дающий представление о том, из какой точки пространства между громкоговорителями доносится, например, звук определенного инструмента. Слушатель воспринимает концерт как бы «со стороны», без ощущения присутствия в зале. Находясь в концертном зале, звук приходит к слушателю с разных сторон, отражаясь от стен и потолка помещения, создавая реальное пространственное впечатление. Используя для прослушивания стереосистему, можно хорошо локализовать (выделить в пространстве) источники звука в горизонтальной плоскости, но невозможно, например, в вертикальной или в задней плоскости. Над этой проблемой работали с начала экспериментов со стереофонией, и тогда же возникла идея использовать для звукозаписи так называемую «искусственную голову» [9]. Суть этого метода в следующем. Сначала изготавливалась голова манекена с моделями человеческих ушных раковин, внутри которых были расположены микрофоны. Затем эту конструкцию располагали в тех местах зрительного зала или тон-ателье, где обеспечивалось примерно равное отношение прямого звука и отраженного от поверхностей помещения (тем самым обеспечивалась наиболее точное восприятие музыки). Эта технология успешно применяется и в настоящее время. В качестве примера такой искусственной головы можно привести Neumann KU-100 [10]. Записи, сделанные таким образом, называют бинауральными. Их прослушивание возможно только с помощью головных стереотелефонов (наушников). Слушатель получает максимально близкий к реальному пространственный звуковой образ. Дело в том, что эффект от бинауральной записи достигается лишь тогда, когда звуковая информация, предназначенная, например, для левого уха, попадает именно в левое. При воспроизведении бинауральных записей через громкоговорители звуковая информация попадает в оба уха, вызывая перекрестные помехи (crosstalk), которые искажают восприятие пространственного образа. Классические же способы звукозаписи предназначены для воспроизведения музыки именно через громкоговорители. Воспроизведение через головные телефоны также несколько искажает восприятие пространственного образа, но позволяет избежать влияния акустических особенностей помещения. Обязательное требование к использованию головных телефонов является и главным недостатком бинауральных записей вследствие того, что, во-первых, прослушивание музыки через телефоны в течение длительного времени негативно влияет на слух, и, во-вторых, слушатель всегда находится в идеальной точке прослушивания «sweet spot», независимо от угла поворота головы. Пространство перемещается вместе с ним, что снижает естественность передачи звуковой картины. С этой проблемой справляются различными способами, о которых речь пойдет далее. Избирательная транслируемость бинауральных записей привела

к тому, что только небольшое количество студий и фирм занимаются их созданием и распространением. В качестве примера можно привести Cobra Records, Deutsche Grammophon [11; 12].

Эффекта присутствия можно достичь не только при помощи бинаурально-го метода, но и с использованием нескольких громкоговорителей, расположенных вокруг слушателя. Идея местоположения источников звука не только перед слушателем, но и в других точках пространства имеет давнюю историю: еще в эпоху Ренессанса при исполнении полифонических хоралов *cori spezzati* хоры разделяли в пространстве. Для исполнения «Серенады для четырех оркестров, К. 286» Моцарт расположил оркестры на большой дистанции друг от друга (произведение исполнялось на открытой площадке), и таким образом получил эффект эха между оркестрами при исполнении одной и той же фразы [13]. Гектор Берлиоз для исполнения произведения «Реквием» располагал ансамбли медных духовых по четырем сторонам помещения; публика находилась в центре [14]. Из-за временной разницы партий у слушателей складывалось впечатление, что звук перемещается вокруг них. В XX веке эффект «трехмерного» звука перенесли на системы звукоусиления. Одним из первых стал *квадрофонический* способ многоканального воспроизведения звука [15]. Он требовал четыре звуковых канала и четыре громкоговорителя. Квадрофонические системы появились и в качестве домашних систем воспроизведения звука, предлагая невиданное звуковое впечатление, однако, на практике оказалось, что звук воспроизводится с большими пространственными и частотными искажениями [16] (непрозрачность звука, эффект «гребенчатого» фильтра и т. д.). Это было связано с отсутствием теории панорамирования подобных систем и технологии пространственной записи. Квадрофонические системы уступили место проверенным стереосистемам. Многоканальный звук стал прерогативой киноиндустрии. Наиболее известный многоканальный формат был разработан фирмой Dolby и назван Dolby Surround. Этот формат (именуемый 5.1) включает шесть звуковых каналов: стандартные левый и правый каналы; центральный канал, по которому передаются, как правило, диалоги актеров; левый и правый каналы окружения, располагающиеся позади слушателя; канал для низкочастотных звуковых эффектов [17, с. 651]. Музыка, изданной в таком формате, не так много по сравнению со стереозаписями. Передача пространственного впечатления возможна только при наличии шести громкоговорителей, на стереосистемах и в головных стереотелефонах каналы окружения и низкочастотных эффектов будут утеряны. Техника звукозаписи для таких систем окружения базируется на рассмотренных выше микрофонных стереосистемах, однако задачи при этом решаются более сложные. В основном они связаны со сложностью получения виртуального звукового образа между фронтальными и тыловыми громкоговорителями. В тех местах могут

образовываться так называемые «мертвые» зоны, где виртуальный образ может пропасть. Иными словами, те звуки, которые были расположены в этих зонах, будут очень тихими или вообще исчезнут.

Системы типа 5.1, 7.1 (добавляются еще два боковых громкоговорителя) позволяют создать впечатление звуковой картины вокруг слушателя в горизонтальной плоскости. Но звук распространяется во всех направлениях, поэтому для усиления воздействия музыки на слушателя необходимо учитывать данное обстоятельство. Это понимали еще в XVIII веке: в одном из писем жене Моцарт отмечал, что ощутил огромную разницу, слушая оркестр в непосредственной близости к сцене и на галерке [18, с. 236]. Многие композиторы, от И. С. Баха до Р. Вагнера, знали об акустических особенностях конкретных помещений и создавали свои произведения с учетом этих особенностей [19]. При проектировании концертных залов потолки являются такими же важными элементами, как и стены. В некоторых работах отмечено [20], что тип материала потолка и его высота влияют на задержку между прямым звуком и его первыми отражениями, что сказывается на субъективных ощущениях таких характеристик, как «прозрачность» и «близость». Отражения от потолка помогают добиться более сбалансированного звучания и позволяют создать правильное впечатление о размерах источников звука.

Системы, позволяющие воспроизводить трехмерную звуковую картину, можно разделить на четыре категории: бинауральные; системы звукового поля (sound field: Ambisonics, Wavefield Synthesis); поканальные (channel-based); гибридные системы звуковых объектов (audio objects) и поканальных систем, таких, как Dolby Atmos. Поканальные системы — это те же системы, что и рассмотренные выше Dolby Surround, но с дополнительными громкоговорителями, расположенными над слушателем (в некоторых вариантах используют громкоговорители, расположенные ниже горизонтальных, так называемые Bottom Loudspeakers). Существует несколько различных конфигураций громкоговорителей — THX 10.2 [21], AURO-3D [22], NHK 22.2. [23] (в наименовании системы первым число идет количество громкоговорителей, через точку — количество низкочастотных сабвуферов). Конфигурации громкоговорителей тоже имеют расшифровку: для 10.2 это 2 + 8 + 0 (два громкоговорителя расположены сверху, восемь расположены горизонтально, «нижние» громкоговорители отсутствуют). Для AURO-3D — 6 + 5+0, для THX 22.2 — 9 + 10+3 (появляются три «нижних» громкоговорителя). Различие в количестве каналов вызвано поисками ответов на вопрос о том, какое минимальное количество громкоговорителей требуется для создания реалистичного звукового образа в вертикальной плоскости. Тестовые группы слушателей предпочли систему из девяти верхних громкоговорителей — при использовании такой системы звуковые источники лучше локализируются в пространстве. Но в то же

время системы с тремя громкоговорителями давали слуховую информацию, из какой точки плоскости распространялся звук от источника, способствуя удовлетворительному восприятию звукового образа [24]. В настоящее время для определения трехмерной звуковой картины пользуются такими терминами, как «иммерсивный» (от англ. *Immersive* – захватывающий).

Стоит напомнить, что в настоящей работе речь идет о прослушивании фонограмм, созданных с помощью микрофонного приема. Рассмотренные выше системы используются для записи стереофонической картины. Для использования каналов вертикальной плоскости необходимо записать звук, распространяющийся (отраженный) от потолка. Существует несколько таких систем – OCT-9, 2L-Cube, Twins Cube, Z-Microphone Technique [25]. Их подробное описание не входит в задачу автора. Нужно лишь отметить, что во всех системах присутствуют пары микрофонов, направленных горизонтально и вертикально (на потолок).

Наличие дополнительных каналов воспроизведения звука помогает слушателю добиться эффекта присутствия в одном помещении с оркестром, однако основная проблема заключается в том, как и где располагать громкоговорители, чтобы замысел автора произведения был передан так, как задумано. Запись, сделанная для системы 22.2, будет звучать иначе на системе AURO-3D: какие-то элементы могут быть утеряны, какие-то могут оказаться не на своем месте в звуковой картине. Во избежание подобных проблем (чтобы информацию о вертикальных каналах можно было бы воспроизвести на любой конфигурации оборудования) была разработана технология объектного аудио (*object-based audio*), которая используется в ставшей ныне популярной гибридной системе (комбинация объектной и поканальной систем) Dolby Atmos.

Идея объектного аудио состоит в следующем: существуют два типа данных – собственно источник аудио, *аудиодорожка*, или *аудиотрек* (*audio track*), и *метаданные*. Источник аудио не отличается от стандартного набора дорожек в *мультитреке* (*multitrack*) (аудиодорожки различных записанных при помощи микрофонного приема инструментов оркестра). *Метаданные* – файл, в котором содержится информация о положении аудио объекта в пространстве. И эти метаданные могут быть адаптированы под любую конфигурацию громкоговорителей, включая головные стереотелефоны в режиме бинаурального аудио. Одной из таких систем как раз и является Dolby Atmos.

Первоначально система Dolby Atmos [26] (2012) была разработана для киноиндустрии. Кодирование и декодирование в этой системе требует большой вычислительной мощности, поэтому существуют отдельные вычислительные серверы, осуществляющие эти преобразования, – Dolby RMU (Rendering And Mastering Unit). Это устройство необходимо для создания саундтрека к фильму в формате Dolby Atmos. Для некоторых стриминговых сервисов,

таких, например, как Netflix, достаточным является использование программного продукта для персонального компьютера под названием Dolby Atmos Production Suite. Это же программное обеспечение используется в настоящее время для создания музыки в формате Dolby Atmos. Возникает вопрос: «Как много музыки существует в таком формате и где и как ее можно услышать?» Не секрет, что в настоящее время подавляющее большинство музыкальных записей транслируется через стриминговые сервисы (Яндекс-Музыка, ВК-Музыка, Apple Music, Spotify, Tidal и т. д.) С недавнего времени почти все такие сервисы позволяют прослушивать музыку в несжатом формате (без потери качества). Apple Music и Tidal пошли дальше — они стали транслировать музыку в формате Dolby Atmos. Apple в настоящий момент лидирует в этой области, так как создала экосистему, включающую в себя компьютер, программу для сведения музыки в пространственном формате (Apple Logic Pro) и внутриканальные стереотелефоны, которые с помощью бинаурального кодирования не только осуществляют передачу многоканального музыкального произведения слушателю (вызывая ощущение присутствия в пространстве), но и отслеживают повороты головы для достижения максимального «иммерсионного» эффекта. Помимо использования головных телефонов, приложение Apple Music позволяет транслировать музыку Dolby Atmos для проигрывания на комплекте громкоговорителей. В этом случае такая конфигурация может иметь условное обозначение как 7.1.4. (7 громкоговорителей, расположенных горизонтально, один сабвуфер и 4 громкоговорителя сверху). Автором было проведено исследование на небольшой группе слушателей, которым одно и то же произведение (Гимн, Оп. 57, Юлиуса Кленгеля) сначала было проиграно в формате Dolby Atmos 7.1.4., а затем в формате стерео на двух громкоговорителях ближнего поля. Все испытуемые (30 студентов 4-го курса по специальности «Музыкальная звукорежиссура») предпочли формат Dolby Atmos как наиболее близкий к естественному прослушиванию музыки в концертном зале. Однако при аналогичном испытании с использованием головных стереотелефонов и бинаурального кодирования 21 человек предпочел обычный стереоформат, описывая свои ощущения от Dolby Atmos как «неестественные тембры», «снижение прозрачности», «потеря ощущения пространственности».

Подводя итог, выделим следующие основные пункты:

1. Многоканальная (поканальная) технология воспроизведения звука (Dolby Surround и т. п.) требует соответствия аудиоканалов к количеству громкоговорителей для корректной передачи пространственного впечатления. Музыка, записанной таким образом, довольно мало, в сравнении со стереофоническими записями. К тому же эти технологии постепенно заменяются более «свежими», такими как Dolby Atmos.

2. Стриминговые сервисы предлагают большие каталоги академической музыки в иммерсивных форматах, однако для прослушивания требуется

дорогостоящее оборудование. Персональное аудио пока не может доставить музыкальное произведение в качестве, полностью удовлетворяющем требованиям к качеству фонограмм. Однако разработки в этом направлении продолжаются. Развитие иммерсивного аудио не стоит на месте. Остается только надеяться, что и у отечественных стриминговых платформ появится возможность к трансляции музыкальных произведений в новом формате.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Chourmouziadou K., Kang J.* Acoustic evolution of ancient Greek and Roman theatres // *Applied Acoustics*. 2008. № 69 (6). P. 514–529.
2. *Torick E.* Highlights in the history of multichannel sound. *Journal of the Audio Engineering Society* // *Society*. 1998. Vol. 46. P. 368–372.
3. *Paul S.* Binaural recording technology: A historical review and possible future developments // *Acta Acustica United with Acustica*. 2009. Vol. 95. P. 767–788.
4. *Sunier J.* A history of binaural sound [Электронный ресурс]. URL: [https://www.gammaelectronics.xyz/audio\\_03-1986\\_binaural.html](https://www.gammaelectronics.xyz/audio_03-1986_binaural.html) (дата обращения: 27.08.2023).
5. *Blumlein A. D.* British Patent Specification 394,325 (Improvements in and Relating to Sound-Transmission, Sound-Recording and Sound-Reproducing Systems) // *Journal Acoust. Eng. Soc. N.-Y.* 1958. Vol. 6. P. 91–98.
6. *Алдошина И. А.* Электроакустические преобразователи – громкоговорители, стереотелефоны, микрофоны. СПб.: Лань, 2023. 336 с.
7. *Eargle J.* *The Microphone Book*. Burlington, MA: Focal Press, 2004. 377 p.
8. *Electroacoustic Devices: Microphones and Loudspeakers* / ed. by. G. Ballou. N.-Y.: Routledge, 2009. 328 p.
9. *Fletcher H., Sivian L. J.* Binaural Telephone System. US Patent 1,624,486 [Электронный ресурс]. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/0d/f1/ea/1265fb1d7f899e/US1624486.pdf> (дата обращения: 27.08.2023).
10. Neumann KU-100 «Dummy Head» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.neumann.com/en-en/products/microphones/ku-100/> (дата обращения: 27.08.2023)
11. Лейбл «Deutsche Grammophon» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.deutsche Grammophon.com/en/composers/dolbyatmos/dolby-atmos-2006> (дата обращения: 27.08.2023).
12. Лейбл «Cobra Records» [Электронный ресурс]. URL: <https://cobrarecords.com/information/binaural/> (дата обращения: 27.08.2023).
13. *Huscher P.* Program notes: Wolfgang Mozart, Notturmo in D, K.286, Chicago Symphony Orchestra [Электронный ресурс]. URL: <https://www.yumpu.com/en/document/read/12142347/program-notes-wolfgang-mozart-notturmo-in-d-major-k-286> (дата обращения: 27.08.2023).

14. Broderick A. E. Grand Messe Des Morts: Hector Berlioz's Romantic Interpretation of the Roman Catholic Requiem Tradition: Master's Thesis. Ohio: Bowling Green State University, 2012. P. 71–72.
15. Davis M. F. History of spatial coding. Journal of the Audio Engineering Society. N.-Y. 2003. Vol. 51. P. 554–569.
16. Ratliff P. A. Properties of hearing related to quadraphonic reproduction // Research Department, Engineering Division The British Broadcasting Corporation. UK. London: BBC, 1974. 19 p.
17. Алдошина И. А., Пруттс Р. Музыкальная акустика. СПб.: Композитор, СПб. 2014. 720 с.
18. Immersive Sound: The Art And Science of Binaural And Multichannel Audio / Ed. By A. Roginska and P. Geluso. London: Routledge, 2017. 363 p.
19. Blesser B., Salter L.-R. Spaces Speaks, Are You Listening? Experiencing Aural Architecture. Massachusetts: The MIT Press, 2006. 456 p.
20. Beranek L. L. Concert hall acoustics // Journal of Audio Engineering Society. 2008. Vol. 56 (7). P. 532–544.
21. Holman T. Surround Sound. Up And Running. 2nd edition. UK. Published by Taylor & Francis, 2008. 240 p.
22. AURO 3-D [Электронный ресурс]. URL: <https://www.auro-3d.com> (дата обращения: 27.08.2023).
23. Hamasaki K., Nishiguchi T., Hiyama K. Effectiveness of height information for reproducing presence and reality in multichannel audio system // Audio Engineering Society. Convention Paper. Paris. 2006. № 6679. 15 p.
24. Kim S., Lee Y. W., Pulkki V. New 10.2-channel vertical surround system (10.2-VSS); comparison study of perceived audio quality in various multichannel sound systems with height loudspeakers // Proceedings of Audio Engineering Society 129th International Convention. Convention Paper San Francisco. 2010. № 8296. 13 p.
25. Salmon F., Changenet F., Colas T. A Comparative Study of Multichannel Microphone Arrays Used in Classical Music Recording // Journal of Audio Engineering Society. Vol. 71. No. 7/8. P. 441–454.
26. Dolby Atmos [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dolby.com/technologies/dolby-atmos/> (дата обращения: 27.08.2023).

## REFERENCES

1. Chourmouziadou K., Kang J. Acoustic evolution of ancient Greek and Roman theatres // Applied Acoustics. 2008. № 69 (6). P. 514–529.
2. Torick E. Highlights in the history of multichannel sound. Journal of the Audio Engineering // Society. 1998. Vol. 46. P. 368–372.

3. *Paul S.* Binaural recording technology: A historical review and possible future developments // *Acta Acustica United with Acustica*. 2009. Vol. 95. P. 767–788.
4. *Sunier J.* A history of binaural sound [Elektronnyj resurs]. URL: [https://www.gammalelectronics.xyz/audio\\_03-1986\\_binaural.html](https://www.gammalelectronics.xyz/audio_03-1986_binaural.html) (data obrashcheniya: 27.08.2023).
5. *Blumlein A. D.* British Patent Specification 394,325 (Improvements in and Relating to Sound-Transmission, Sound-Recording and Sound-Reproducing Systems) // *Journal Acoust. Eng. Soc. N.-Y.* 1958. Vol. 6. P. 91–98.
6. *Aldoshina I. A.* Elektroakusticheskie preobrazovateli – gromkogovoriteli, stereotelefony, mikrofony. SPb.: Lan', 2023. 336 s.
7. *Eargle J.* The Microphone Book. Burlington, MA: Focal Press, 2004. 377 p.
8. *Electroacoustic Devices: Microphones and Loudspeakers* / ed. by G. Ballou. N.-Y.: Routledge, 2009. 328 p.
9. *Fletcher H., Sivian L. J.* Binaural Telephone System. US Patent 1,624,486 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/0d/f1/ea/1265fb1d7f899e/US1624486.pdf> (data obrashcheniya: 27.08.2023).
10. Neumann KU-100 «Dummy Head» [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.neumann.com/en-en/products/microphones/ku-100/> (data obrashcheniya: 27.08.2023).
11. Lejbl «Deutsche Grammophon» [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.deutsche Grammophon.com/en/composers/dolbyatmos/dolby-atmos-2006> (data obrashcheniya: 27.08.2023).
12. Lejbl «Cobra Records» [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cobrarecords.com/information/binaural/> (data obrashcheniya: 27.08.2023).
13. *Huscher P.* Program notes: Wolfgang Mozart, Notturmo in D, K.286, Chicago Symphony Orchestra [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.yumpu.com/en/document/read/12142347/program-notes-wolfgang-mozart-notturmo-in-d-major-k-286> (data obrashcheniya: 27.08.2023).
14. *Broderick A. E.* Grand Messe Des Morts: Hector Berlioz's Romantic Interpretation of the Roman Catholic Requiem Tradition: Master's Thesis. Ohio: Bowling Green State University, 2012. P. 71–72.
15. *Davis M. F.* History of spatial coding. *Journal of the Audio Engineering Society*. N.-Y. 2003. Vol. 51. P. 554–569.
16. *Ratliff P. A.* Properties of hearing related to quadrasonic reproduction // Research Department, Engineering Division The British Broadcasting Corporation. UK. London: BBC, 1974. 19 p.
17. *Aldoshina I. A., Pritts R.* Muzykal'naya akustika. SPb.: Kompozitor, SPb. 2014. 720 s.
18. *Immersive Sound: The Art and Science of Binaural And Multichannel Audio* / Ed. By A. Roginska and P. Geluso. London: Routledge, 2017. 363 p.
19. *Blessner B., Salter L.-R.* Spaces Speaks, Are You Listening? Experiencing Aural Architecture. Massachusetts: The MIT Press, 2006. 456 p.

20. *Beranek L. L.* Concert hall acoustics // *Journal of Audio Engineering Society*. 2008. Vol. 56 (7). P. 532–544.
21. *Holman T.* Surround Sound. Up And Running. 2nd edition. UK. Published by Taylor & Francis, 2008. 240 p.
22. AURO 3-D [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.auro-3d.com> (data obrashcheniya: 27.08.2023).
23. *Hamasaki K., Nishiguchi T., Hiyama K.* Effectiveness of height information for reproducing presence and reality in multichannel audio system // *Audio Engineering Society. Convention Paper*. Paris. 2006. № 6679. 15 p.
24. *Kim S., Lee Y. W., Pulkki V.* New 10.2-channel vertical surround system (10.2-VSS); comparison study of perceived audio quality in various multichannel sound systems with height loudspeakers // *Proceedings of Audio Engineering Society 129th International Convention. Convention Paper San Francisco*. 2010. № 8296. 13 p.
25. *Salmon F., Changenet F., Colas T.* A Comparative Study of Multichannel Microphone Arrays Used in Classical Music Recording // *Journal of Audio Engineering Society*. Vol. 71. No. 7/8. P. 441–454.
26. Dolby Atmos [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.dolby.com/technologies/dolby-atmos/> (data obrashcheniya: 27.08.2023).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Юсса Е. Б. — ст. препод.; [elena.yussa@yandex.ru](mailto:elena.yussa@yandex.ru)  
SPIN-код: 5380-9067  
ORCID ID: 0009-0006-5231-5663

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Yussa E. B. — Senior lecturer; [elena.yussa@yandex.ru](mailto:elena.yussa@yandex.ru)  
SPIN-код: 5380-9067  
ORCID ID: 0009-0006-5231-5663