

27. LIMC. Vol. II, III. Leipzig, 1986.  
 28. Richter G. M. Kouroi. Archaic Greek Youths. London, 1968.  
 29. Rolley C. Le sculpture grieque. Paris, 1998  
 30. Stewart A. Greek Sculpture. An Exploration. New-Haven; London, 1990.

*Е. А. Климин*

## ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА РУССКОЙ КАМПАНОЛОГИИ

*Спектральный анализ играет важнейшую роль в исследованиях колоколов. В наше время выполнить его может любой пользователь персонального компьютера. Благодаря этому многие исследователи русских колоколов пользуются в своей работе спектрограммами, сонограммами, таблицами с данными спектрального анализа и нотировками колокольных спектров. В статье рассматриваются достоинства и недостатки этих форм представления данных применительно к кампанологическим исследованиям.*

**Ключевые слова:** колокол, звукоидеал, спектральный анализ, акустика.

*Е. Klimin*

### Graphical Representation of Sound Specters as a Methodological Issue in Russian Campanology

Spectral analysis is an important part of methodology in studying bells. Nowadays it is available for every user of a personal computer. Many researchers of Russian bells are using spectrograms, sonograms, tables wits spectral data and notation of spectral tones in their studies. These forms of representation of data have different advantages and disadvantages that are important for campanological research.

**Keywords:** bell, sound ideal, spectral analysis, acoustics.

Спектральная структура колокольного звука привлекает внимание исследователей с конца XIX века [4] как ключевой аспект, определяющий его музыкальные качества и специфику слухового восприятия. Известно, что основу звучания колокола составляет сравнительно небольшое число устойчивых мод колебаний, находящихся в негармоническом соотношении по частоте. В XX веке данные спектрального анализа рассматривались преимущественно в виде *списка* или *таблицы*, в которой указывались частоты колебаний и их численное соотношение. С развитием вычислительной техники широкое распространение получили и другие формы представления данных спектрального анализа: 1) *двухмерная спектро-*

*грамма* — график, на котором по одной из осей отсчитывается частота, а по другой — амплитуда; 2) *трехмерная спектрограмма*, где добавляется ось времени; 3) *сонограмма* — трехмерный график, на котором по одной оси отображается частота, по другой — время, а интенсивность колебаний передается посредством изменения цвета.

Все эти способы представления результатов спектрального анализа вошли в арсенал исследователей русских колоколов. Причиной тому — не только технический прогресс, благодаря которому различные спектральные анализаторы доступны каждому пользователю персонального компьютера, но и сама специфика предмета исследования: отсутствие типовой модели спек-

тра (как у колоколов европейской традиции) и, наоборот, — разнообразие тембровых красок и соответственно — спектральных структур. Перед отечественными кампанологами часто встает проблема выбора оптимальной формы, в которой были бы представлены данные спектрального анализа для достоверного исследования и убедительной иллюстрации его результатов. Эти задачи зачастую требуют различных подходов. На промежуточных этапах работы часто составляется таблица, в которую вводятся данные по нескольким колоколам для их сопоставления. Однако публикация такой *таблицы* потребует от читателя повторить обработку данных, проведенную автором. Прodelать это быстро и успешно сможет только человек с хорошей памятью на числа и с развитым математическим мышлением.

Так, в своей статье К. А. Мишуровский отводит две страницы основного текста под таблицы акустических данных для знаменитых камертонов А. А. Израилева. В таблицах приводятся их основные частоты и частоты обертонов (вплоть до ультразвуковых), слоговые названия нот, соответствующих каждой частоте с центовым отклонением, их интенсивность в децибелах и др. [2]. Из этих *таблиц* автором делается вывод, что данные камертоны отнюдь не несут в себе миниатюрную модель звучания ростовских колоколов, как считалось прежде, а дают лишь определенную ноту темперированного строя, как камертонам и положено. Однако, рассматривая множество данных, приведенных в этих *таблицах*, очень трудно не только найти подтверждение выводам автора, но и однозначно сделать какие-либо иные выводы. Это указывает на неудобство таких *таблиц* в качестве иллюстративного материала, хотя ни в коей мере не умаляет заслуг автора, идеи которого убедительно обоснованы в тексте статьи.

Более удачным в подобных случаях может быть использование двухмерных спектрограмм. Именно по этому пути для сравнительного анализа данных часто идет кам-

панолог А. Н. Горкина (Гусева). На спектрограммах, приведенных в её монографии, отчетливо видно, что звуковой спектр одного колокола может меняться, если бить в четыре различные точки его ударного кольца, и что два колокола одной массы могут звучать по-разному [1, с. 41–45]. Однако спектрограмма таит в себе ряд опасностей, связанных с погрешностями быстрого преобразования Фурье (БПФ), алгоритмы которого в большинстве случаев используются для спектрального анализа звука.

К примеру, синтезированный синусоидальный сигнал идеальной формы, неизменной частоты и амплитуды на спектрограмме отобразится не в виде тонкой линии, а в виде своеобразной горки с острым пиком — так, как если бы это был шум, пропущенный через узкополосный фильтр (так называемое расползание спектра). Значительно снизить данный эффект помогает использование той или иной оконной функции (синусоидальной, треугольной, функций Ханна, Хэмминга, Кайзера, Блэкмана и др.). При этом на графике могут возникнуть дополнительные частотные пики небольшой интенсивности. Такие же пики добавляют в спектрограмму посторонние шумы, которые присутствуют в аудиозаписи колокола почти всегда, поскольку запись, за редчайшим исключением, ведется не в идеальных лабораторных условиях, а на колокольне, продуваемой ветром, на фоне посторонних звуков. Если эта специфика не учитывается, исследователь может прийти к спорным выводам. Рассматривая моды колебаний колокола «Сысой» ростовской звонницы, А. Н. Горкина совершенно справедливо указывает на то, что некоторые тоны его спектра группируются в обертоновые звукоряды [1, с. 47]. Однако некоторые незначительные всплески на спектрограмме, которые учитываются автором, могут быть результатом упомянутых погрешностей, вследствие чего масштабы данного явления возможно несколько переоцениваются.

Спектрограмма дает либо достоверную информацию только об устойчивых и интенсивных тонах в определенный момент развития звука колокола, либо (в зависимости от настроек анализатора) — среднестатистический спектр на протяжении всего звучания. При этом важен выбор момента, в который берется проба звука. В момент удара спектр колокола по плотности близок к шумовому, что может усложнить трактовку данных. Если взять пробу через 300–1000 миллисекунд после удара, на спектрограмме отразятся все устойчивые и относительно устойчивые моды колебаний, а по мере затухания звука останутся только три нижних тона. Следовательно, ценность *двухмерной спектрограммы* — в том, что она позволяет детально рассмотреть спектр колокола на той или иной стадии звучания.

Для изучения спектра в его развитии можно использовать *трехмерную спектрограмму*, включающую временную характеристику, но в ней встает проблема выбора ракурса. Редко когда удается сделать так, чтобы одни спектральные составляющие не закрывали другие. Этих трудностей позволяет избежать *сонограмма*, которая формально является двухмерным изображением, но точно так же позволяет отследить спектрально-временные параметры звука (какие из частотных составляющих звука являются интенсивными и неустойчивыми, какие — тянутся дольше), выявить тоны спектра, в которых присутствуют биения и др. Кроме того, сонограмма позволяет отделить тоны малой интенсивности от погрешностей БПФ. На двухмерной спектрограмме шумы отображаются в виде частого чередования малых пиков и спадов, структура которых случайна в каждый момент времени. На сонограмме эти пики и спады видны соответственно как более светлые и более темные точки-пиксели. Единичный малый пик на спектрограмме с равной вероятностью может быть и случайным всплеском шумового спектра и пробившимся сквозь шум полезным сигналом. Однако ес-

ли на сонограмме более светлые точки сливаются в полосу, тянущуюся некоторый промежуток времени, то велика вероятность, что это — след устойчивой частоты звукового спектра колокола. При публикации как сонограммы, так и спектрограммы, в связи с небольшим размером книжной иллюстрации полезно подписывать на них точные значения частот основных мод. Еще более наглядным будет дополнить как одну, так и другую особой нотировкой, где тоны спектра колокола были бы записаны в виде аккорда.

Отображение спектральных тонов колокола нотными знаками, быть может, в наибольшей степени соответствует его музыкальной природе. Яркое свидетельство тому можно найти в творчестве русских композиторов, которые часто изображали удары колоколов именно посредством аккордов той или иной структуры. Некоторые авторы *нотировок колокольных спектров* подписывают сверху и снизу от нотных знаков их центовые отклонения от темперированной шкалы и интенсивность в децибелах. *Нотировку* возможно выполнить как с помощью технических средств, так и по слуху. Внимательно вникая в звучание колокола слушатель может уловить один или несколько тонов [3], в том числе и виртуальные, которые складываются из ряда гармоник при отсутствии фундаментальной частоты [5, с. 480–481]. *Спектральная нотировка* — независимо от способа ее выполнения — незаменима при сравнительно-типологическом анализе колокольных спектров. Музыкально грамотный человек, глядя на такие *нотировки* нескольких колоколов, легко выявит родство их спектральных структур и степень этого родства (если оно, конечно, есть).

Таким образом, наиболее универсальной и полной формой представления данных спектрального анализа звучания русских колоколов видится сочетание сонограммы и нотировки с указанием точного значения частот для основных мод. Однако своими

преимуществами обладают и таблица с указанием параметров спектра, и двухмерная спектрограмма, которые могут использоваться соответственно принципу «бритвы Оккама» там, где их данные являются необходимыми и достаточными. Выполняя исследование, важно помнить о специфике

каждого из этих способов, избегать «подводных камней», подобных погрешностям БПФ.

Для публикации же важно выбрать тот метод представления данных, который наиболее отчетливо и наглядно проиллюстрирует идеи автора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горкина А. Н. Русские колокольные звоны: особенности музыкальной организации. М., 2003. С. 41, 45.
2. Мишуровский К.А. Специфическое благозвучие колоколов большой ростовской соборной звонницы // История и культура Ростовской земли. 2007. Ростов Великий, 2008. С. 215–217.
3. Климин Е. А. К вопросу музыкально-акустического анализа русских колоколов // Инструментальная музыка в межкультурном пространстве. Проблемы артикуляции / Отв. ред. И. В. Мациевский. СПб., 2008. С. 32–35.
4. Rayleigh Lord. On bells // Philosophical magazine and journal of science. 1890. Ser. 5. Vol. 29. № 176 (January). P. 1–17.
5. Springer handbook of acoustics / Ed. T. D. Rossing. New York, 2007. P. 480–481.

## REFERENCES

1. Gorkina A. N. Russkie kolokol'nye zvony: osobennosti muzykal'noj organizatsii. M., 2003. S. 41, 45.
2. Mishurovskij K. A. Spetsificheskoe blagozvuchie kolokolov bol'shoj rostovskoj sobornoj zvonnicy // Istoriya i kul'tura Rostovskoj zemli. 2007. Rostov Velikij, 2008. S. 215–217.
3. Klimin E. A. K voprosu muzykal'no-akusticheskogo analiza russkih kolokolov // Instrumental'naja muzyka v mezhkul'turnom prostranstve. Problemy artikuljatsii / Otv. red. I. V. Matsievskij. SPb., 2008. S. 32–35.
4. Rayleigh Lord. On bells // Philosophical magazine and journal of science. 1890. Ser. 5. Vol. 29. № 176 (January). P. 1–17.
5. Springer handbook of acoustics / Ed. T. D. Rossing. New York, 2007. P. 480–481.

*Ляо Чжэндин*

## ПРИЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЖИЗНЬЮ ГЛАЗАМИ ХУДОЖНИКА В ЖИВОПИСНОМ ТВОРЧЕСТВЕ

*Умение наблюдать за жизнью глазами художника, богатый жизненный опыт являются предпосылками художественного творчества. Тот, кто обучается живописи, должен, подобно налитому жизненными силами зерну, погрузиться в почву жизни и, впитав из нее все полезное, пропустить это через свои ум и душу. Только так можно глубоко понять и по-настоящему почувствовать жизнь. И тогда из самого сердца родится творческий импульс.*

**Ключевые слова:** творчество маслом, предпосылки творчества, приемы наблюдения за жизнью, видение мира глазами художника.