

Алевтина Аркадьевна Войтович – этномузыковед,
преподаватель кафедры музыки финно-угорских
народов Петрозаводской государственной
консерватории имени А. К. Глазунова
(Петрозаводск, Россия),
alevtina.voytovich@glazunovcons.ru

Наталья Андреевна Шамрай – этномузыковед,
заведующая отделом народного творчества Центра национальных
культур и народного творчества Республики Карелия
(Петрозаводск, Россия),
shamnat@yandex.ru

Alevtina A. Voytovich – ethnomusicologist,
lecturer at the Finno-Ugric Music Department of the
Petrozavodsk State Glazunov Conservatoire
(Petrozavodsk, Russian Federation),
alevtina.voytovich@glazunovcons.ru

Natalia A. Shamray – ethnomusicologist,
Head of the Folk Art Department of the National Cultures
and Folk Art Center of the Republic of Karelia
(Petrozavodsk, Russian Federation),
shamnat@yandex.ru

УДК 781.7

DOI 10.61908/2413-0486.2018.13.1.26-41

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПРИ АНАЛИЗЕ ЗВУКА
АЭРОФОНА КОМИ-ЗЫРЯН *КУИМА ЧИПСАН*

USING COMPUTER TECHNOLOGIES
FOR ANALYZING THE SOUND OF THE KOMI-ZYRIAN
AEROPHONE *KUIMA CHIPSAN*

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы анализа звука традиционных инструментов коми-зырян *куима чипсан* с помощью современных компьютерных технологий. Спектральный анализ звуков, сравнительное изучение компьютерных и слуховых расшифровок позволяет «увидеть» традиционную музыку под новым углом зрения, более точно определить неподвластные слуху акустические свойства музыкальных инструментов.

Abstract

The article deals with the analysis of the sound of traditional Komi-Zyrian instruments (*kuima chipsan*) by using modern computer technologies. The spectral analysis of the sounds and the comparative study of computer and acoustical transcriptions of musical instrumental tunes allow to "see" the traditional music from a new perspective and also to determine more accurately the acoustic properties of musical instruments that are not caught by hearing.

Ключевые слова: музыкальный инструмент, аэрофон, флейта Пана, финно-угорские народы, коми-зыряне, спектральный анализ звука, компьютерные технологии

Keywords: musical instrument, aerophone, panpipe, Finno-Ugrians, Komi-Zyrians, spectral analysis of the sound, computer technologies

В культуре коми-зырян¹ (а точнее, в музыкальном фольклоре локальной группы прилузских коми) традиция исполнительства на традиционном многоствольном аэрофоне *куима чипсан* сохранилась до настоящего времени. По универсальной классификации музыкальных инструментов Э. Хорнбостеля – К. Закса, *куима чипсан*² (досл.: *куима* – три, *чипсан* – свисток) относится к типу флейты Пана³ (ил. № 1). *Куима чипсан* – инструмент ансамблевый, количество исполнителей на нём должно быть не менее двух человек⁴. Инструментальный комплект *гоз* (досл.: пара) включает в себя два инструмента: большой (*ыджыд*) и маленький (*ичёт*), каждый из которых состоит из трёх игровых трубок. При

¹ Этническая группа коми-зырян проживает на территории Западного Приуралья. Их язык обнаруживает родство с коми-пермяцким и удмуртским языками и относится к пермской группе финно-угорской языковой семьи.

² Термин *чипсан* по отношению к многоствольной флейте зафиксирован только на коми-зырянской территории [3, с. 12].

³ Флейта Пана – аэрофон (духовой музыкальный инструмент); состоит из набора открытых с одной и закрытых с другой стороны трубок (стволов) разной длины. По систематике Э. Хорнбостеля – К. Закса флейта Пана имеет индекс 421.112.2 [9, с. 256].

этом инструменты настраиваются по смежным трезвучиям, например, *c-e-g* и *d-f-a* [5, с. 217].



Ил. № 1. Куима чипсан
(полевые материалы авторов)

Одним из первых учёных, обративших внимание на коми-зырянские многоствольные флейты, распространённые на территории Прилузья, был К. В. Квитка⁴ [4, с. 249]. Здесь же, в 1937 году известным фольклористом Н. М. Греховодовым на фонограф были записаны традиционные наигрыши на *куима чипсан* [6, с. 3]. С 1961 года изучением музыкального фольклора (в том числе и инструментального исполнительства) Прилузья занимались исследователи традиционной культуры коми А. К. Микушев, Ю. Г. Рочев и П. И. Чисталёв. Собранный ими материал хранится в Сыктывкаре в архивных фондах Центра фольклорных исследований на базе ПНИЛ ФАИ СыктГУ и в архивном фонде сектора фольклора Института языка, литературы и истории КНЦ УРО РАН⁶.

В августе 2010 года состоялась экспедиционная поездка авторов данной статьи в Прилузский район Республики Коми. Было обследовано семь

⁴ Существуют также двух- и трёхствольные флейты, предназначенные для одиночной игры. Однако они используются редко и при отсутствии второго исполнителя [6, с. 50].

⁵ Экспедиционные материалы учёного хранятся в рукописном архиве кабинета народной музыки Московской государственной консерватории.

населённых пунктов: с. Объячево, д. Чёрныш, с. Ношуль, с. Спаспору́б, д. Рай, д. Кулига, д. Лихачёвская. Материалы, собранные во время экспедиции, позволяют сделать вывод о том, что сегодня *куима чипсан* бытует только в селе Чёрныш Прилузского района. Благодаря участникам ансамбля «Чёрнышские чипсанистки» традиция игры на инструменте не утрачена, и он до сих пор функционирует как среди старшего, так и младшего поколения исполнителей.

Историческую глубину традиции мы можем измерить только по сохранившимся записям, которые в той или иной степени отражают культурные факты прошлого [2, с. 19]. В фольклорном архиве Петрозаводской консерватории имеются аудиозаписи четырёх наигрышей, зафиксированных в течение последних пятидесяти лет от чёрнышских чипсанисток: «*Нöлялöм*» (коми-зырян. – «По четыре»), «*Ислöдлöм*» (коми-зырян. – «Катание»), «*Кутша-катша*» (коми-зырян. – «Орёл-сорока»), «*Кö-кö*» (коми-зырян. – «Кукушка»)⁷. Данные экспедиционные материалы позволяют говорить об устойчивости традиции исполнительства на *куима чипсан* в селе Чёрныш Прилузского района Республики Коми.

Изучение традиционной музыки с помощью компьютерных технологий является одним из приоритетных направлений современного этномузыкознания. В связи с этим вопросы методологии описания инструментов, их акустических параметров и представления полученных результатов становятся ключевыми. Задачу данной работы мы видим в изучении звука традиционного инструмента коми-зырян *куима чипсан* с помощью современных компьютерных технологий. На примере наигрыша

⁶ Авторы выражают благодарность за предоставленные материалы Т. С. Каневой и А. И. Панюкову.

⁷ Среди собирателей: Е. Калинина (1960–1970), Т. Н. Бунчук, С. В. Петухов, Е. А. Шевченко (1996, Сыктывкар), А. А. Войтович, Н. А. Шамрай (2010).

Нöлялöм, записанного в разные годы от чёрнышских чипсанисток, проанализируем звук с помощью компьютерных программ⁸.

Работу со звуком можно назвать одной из старейших мультимедийных функций компьютеров. «Звук – это особый вид механических колебаний, способный вызвать слуховые ощущения» [1, с. 11]. Традиционно слуховое восприятие музыкального звука определяется *высотой*, *тембром* и *громкостью*. Соответствующее физическое явление может быть описано амплитудой колебаний, формой волны и частотой колебаний.

Куима чипсан относится к лабиальным (свистковым) аэрофонам. В процессе звукообразования при игре на таких инструментах участвуют следующие компоненты: *генератор* – источник энергии, вызывающий движение воздушной струи (дыхательный аппарат); *вибратор* – колеблющаяся относительно острого края воздушная струя; *резонатор* – воздушная полость в трубке. Процесс звукообразования на *куима чипсан* происходит следующим образом⁹:

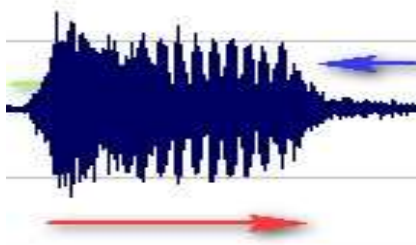
- каждая трубка в наборе воспроизводит только один звук определённой высоты;
- возбуждение звуковых колебаний в трубках происходит за счёт воздушной струи;
- принцип организации трубок в комплекте – линейный;
- звуки имеют краткую продолжительность, что обусловлено возможностями человеческого дыхания;

⁸ Анализ наигрышей проводился на персональном компьютере, который оснащён звуковой картой SB Audigy 2 ZS, диапазон квантования 24 бит, частота дискретизации $f_s = 92$ кГц, отношение сигнал – шум порядка 108 dB. Все наигрыши оцифрованы и сохранены в формате WAVE. Аудиозахват осуществлялся с помощью программы Sony Sound Forge версии 9.0. При анализе звука использовались теоретические методы И. А. Алдошиной и А. В. Харуто.

⁹ При анализе звукообразования на *куима чипсан* мы основывались на описаниях акустических свойств музыкальных инструментов И. А. Алдошиной [1, с. 208–281].

– громкость звука (в основном стабильная) может быть усилена или ослаблена лишь в узких пределах¹⁰.

Известно, что звук, создаваемый музыкальным инструментом, имеет три части: атаку, стационарную часть и затухание [1, с. 57].



Ил. № 2. Уровнеграмма звукового сигнала¹¹

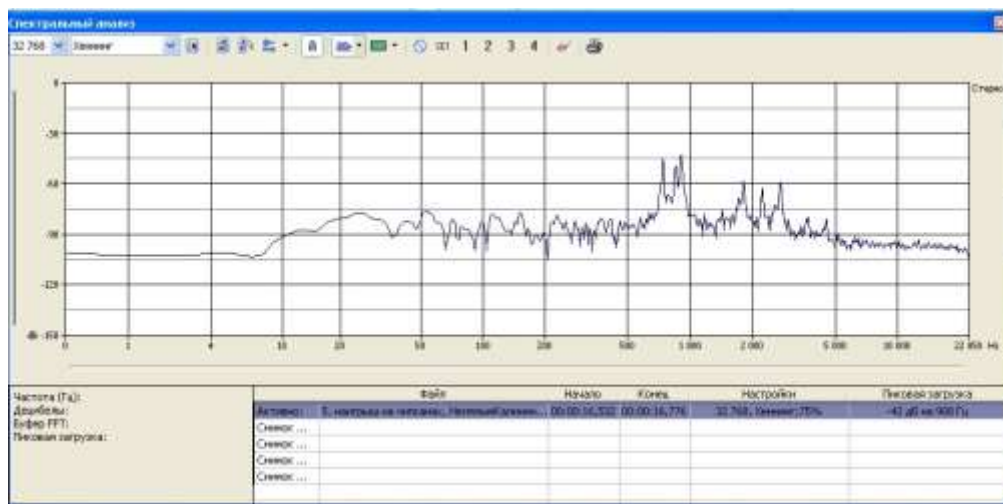
Звук на *куима чипсан* характеризуется длинным отрезком стационарной части и короткими периодами атаки и затухания. Время атаки звука колеблется от 0,013 до 0,070 сек., стационарная часть длится от 0,100 до 0,500 сек., период затухания – 0,038–0,068 сек. Для дальнейшего анализа используется *стационарная* часть звука.

Специальные компьютерные программы позволяют анализировать звуковые явления. С помощью спектрального анализа можно разложить сложный акустический сигнал, создаваемый различными источниками звука, на более простые составляющие [1]. Таким образом, с помощью графиков спектра одного звука можно проследить амплитуды колебаний, находящиеся в определённом математическом соотношении. Это соотношение является главным качеством, которое позволяет отличить один звук от другого.

¹⁰ Учитывая все перечисленные процессы звукообразования на *куима чипсан*, необходимо помнить о том, что в основе игры на парах инструментов лежит принцип поочерёдного исполнения двузвучий двумя исполнителями или их группами в определенной ритмической последовательности.

¹¹ Стрелками отмечены атака звука (зелёная), стационарная часть (красная), период затухания или спада (синяя).

Приведём примеры спектральных графиков первого звука наигрыша *Нöлялөм*¹², записанного в разные годы (1960, 1996, 2010). Двумерный график показывает спектр сигнала в определённый момент времени¹³.



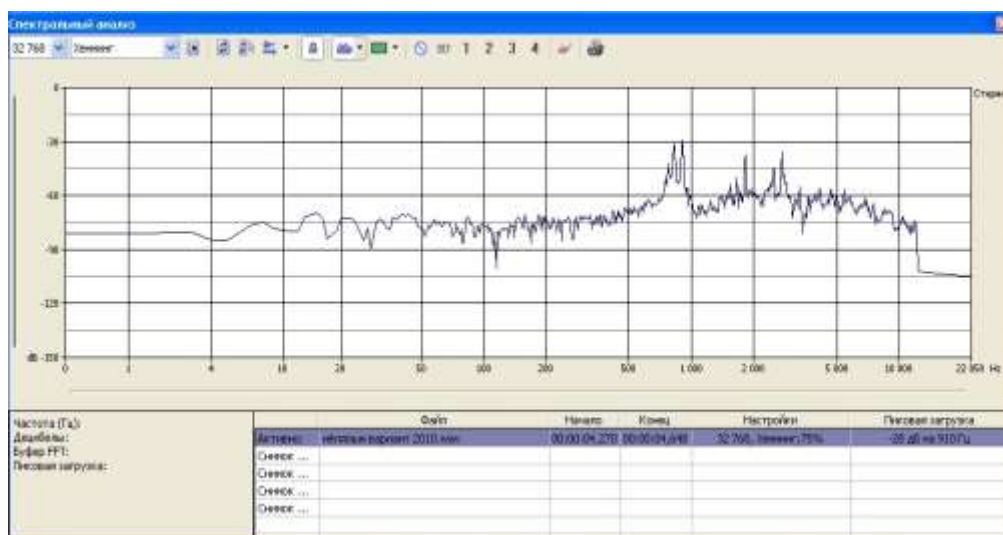
Ил. № 3. Двумерный график первого звука наигрыша *Нöлялөм*-60



Ил. № 4. Двумерный график первого звука наигрыша *Нöлялөм*-96

¹² Поскольку звукоизвлечение на лабиальных аэрофонах типа *куима чипсан* характеризуется игрой двузвучиями, спектральный анализ в стандартных программах затруднён. Поэтому приводятся данные усреднённых спектров.

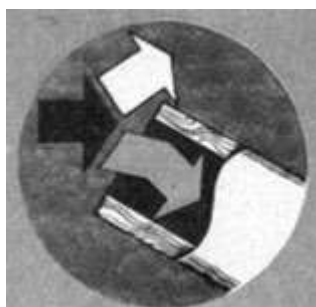
¹³ По вертикали – A – амплитуда, по горизонтали – f – частота.



Ил. № 5. Двумерный график первого звука наигрыша Нöлялөм-10

Как видно из графиков, пиковая амплитуда первого звука трёх версий наигрыша имеет примерно одинаковую частоту: наигрыш *Нöлялөм*, записанный в 1960 году (*Нöлялөм-60*) – 908 Гц; наигрыш *Нöлялөм*, записанный в 1996 году (*Нöлялөм-96*) – 917 Гц; наигрыш *Нöлялөм*, записанный в 2010 году (*Нöлялөм-10*) – 910 Гц. Данная частота соответствует темперированному тону – *ais*² (ля диез второй октавы). Видно, что звуковые колебания имеют периодический характер сложной синусоидальной формы. «Пики» гармоник обнаруживаются в спектре наигрыша *Нöлялөм-10* вплоть до частоты 30 кГц, здесь на более высоких частотах регулярная структура разрушается, уступая место шумовым составляющим. А в наигрыше *Нöлялөм-60* и *Нöлялөм-96* «пики» выявляются до частоты 22 кГц, т. е. мы наблюдаем периодическую структуру «пигов» практически до конца звукового диапазона. Таким образом, с помощью компьютерных технологий мы можем проанализировать амплитуды колебаний каждого отдельного звука наигрыша.

Одной из характерных особенностей игры на *куима чипсан*, влияющей на тембр, является наличие шумовых составляющих. Часть воздуха, рассекаясь игровым срезом ствола, попадает в него, приводя в колебание столб воздуха внутри трубки.



Ил. № 6. Игровой срез ствола инструмента

Остальной воздух создает «шумовой эффект». Сам факт присутствия шумовых призвуков, возникающих объективно, – весьма примечателен. В теории европейской классической музыки их принято считать немusикальными компонентами звука. Но в музыке, исполняемой на *куима чипсан*, напротив, именно эти так называемые немusикальные призвуки придают звучанию национально характерные черты.

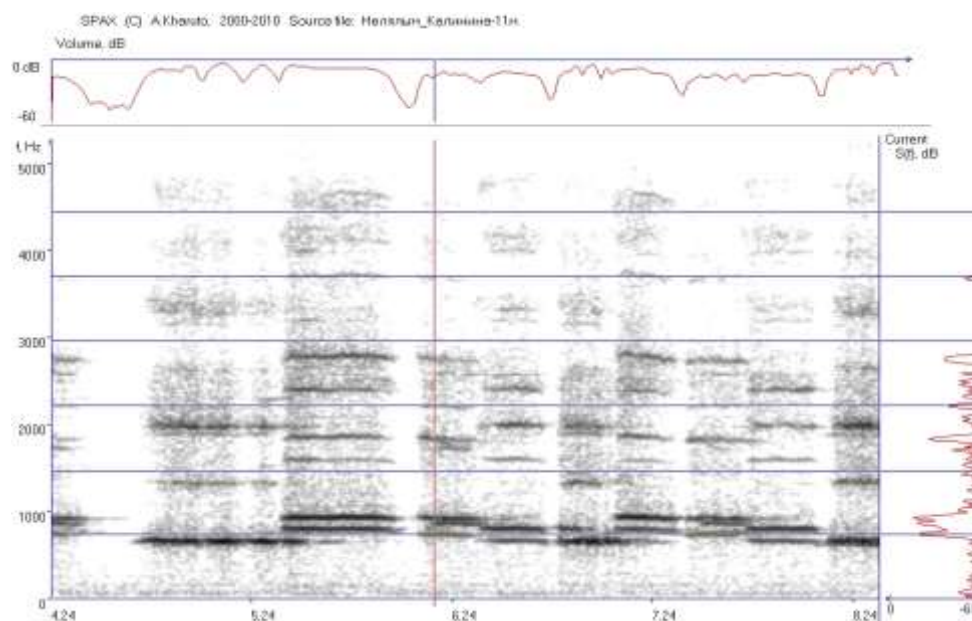
Далее мы проанализировали версии наигрыша (*Нöлялöм-60*, *Нöлялöм-96*, *Нöлялöм-10*) с помощью компьютерной программы SPAX 2000, разработанной А. В. Харуто [7].

Специфика работы в этой программе заключается в следующем. На основании загруженной в программу ПК аудиозаписи создаётся сонограмма¹⁴. Сначала формируются последовательные «кадры» динамического спектра с наложенной сеткой временных отметок (0,5 сек.). Далее – «кадры» измерений¹⁵.

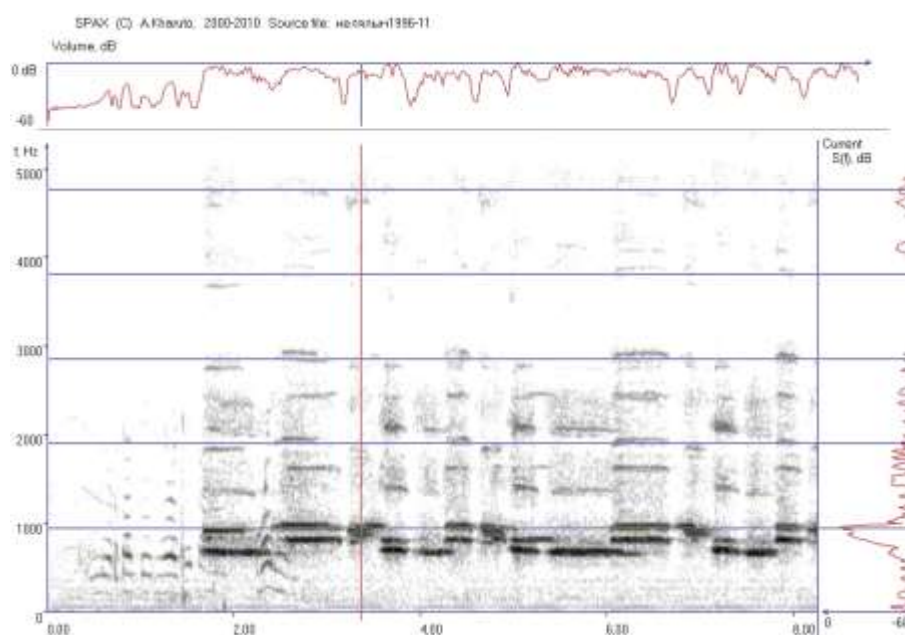
На ил. №№ 7–8 показан маркер времени, который установлен на первом звуке наигрыша. На «мгновенном» спектре видна периодическая структура звука, образованная «пиками» обертонов. С помощью маркеров можно проанализировать каждый «пик» конкретного периода.

¹⁴ Мы предлагаем рассмотреть сонограмму одного инструментального периода.

¹⁵ Измерение – это отображение «мгновенного спектра» при заданном положении маркера времени (вертикальная/горизонтальная линия).

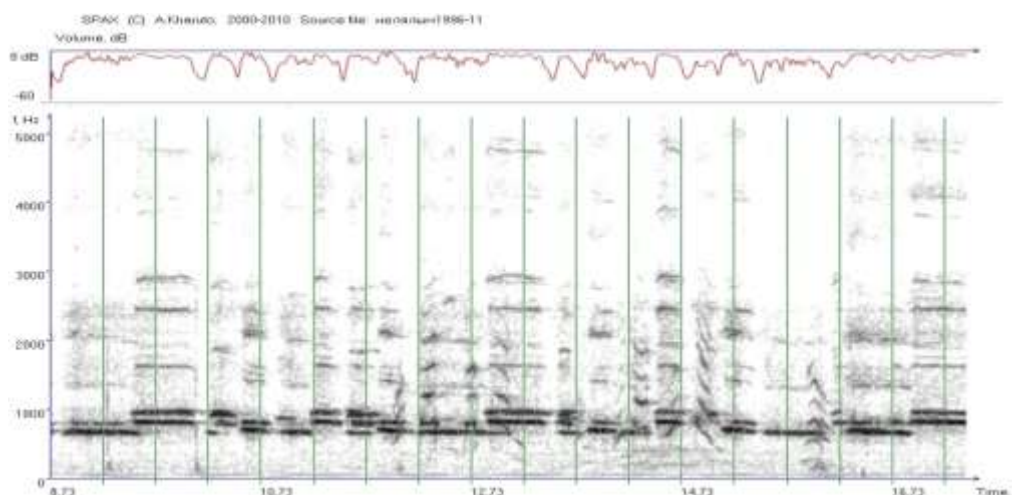


Ил. № 7. Сонограмма наигрыша Нöлялöм-60



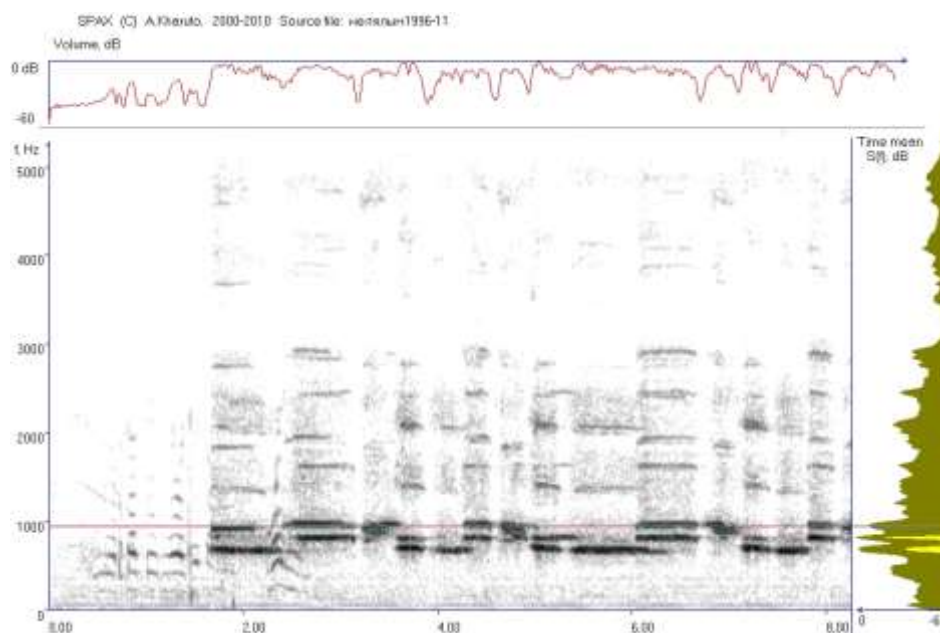
Ил. № 8. Сонограмма наигрыша Нöлялöм-96

Специфика инструмента такова, что исполнитель может дополнительно влиять на высоту «стандартного» звука. На представленной ниже сонограмме видно, что третья гармоника повышается. По линии основного тона повышение менее заметно, о чём свидетельствует его спектр.



Ил. № 9. Сонограмма наигрыша Нöлялöм-96

Далее создается усреднённый спектр и измеряются его параметры. Сам спектр (справа) отображается тёмной заливкой, в которой более светлым тоном он показан в натуральном масштабе (ил. № 11). Промеряются «пики» усреднённого спектра: фиксируется частота, высота и относительный уровень мощности в децибелах (по сравнению с максимальной точкой всей записи). Эти данные представляют собой описание формант и доминирующих (во всей записи) тонов одного периода.



Ил. № 10. Сонограмма наигрыша Нöлялöм-96 с усреднённым спектром

Таким образом, в отличие от человеческого уха, которое не может слышать обертоны звука в полном объёме, компьютерная программа позволяет детально проанализировать обертоновый состав каждого звука.

Если же в одной точке времени присутствуют два или три звука (как в нашем случае), образуется система обертонов от каждого из них. В результате возникают две системы обертонов с разным «шагом» по частоте (в среднем равным частоте основного тона). Приведём таблицу обертонов одного двузвучия в фиксированном времени 8,920 сек. в наигрыше *Нöлялöм-96* (таблица № 1). Первый столбец таблицы – это номер тона в общей последовательности. Второй – точка максимума (частота обертона). Третий – относительная громкость в дБ (она берётся относительно самого громкого звука в записи). Четвёртый – частотная полоса по уровню 30 дБ.

Таблица № 1

Num:	Fmax [Hz]	Max_val [dB]	Band [Hz]
1	751	–12	119
2	909	–24	148
3	1035	–35	276
4	1219	–35	325
5	1286	–36	898
6	1400	–25	251
7	1515	–14	155
8	1696	–31	245
9	1901	–22	180
10	2006	–34	849
11	2073	–34	443
12	2266	–28	361
13	2403	–26	327
14	2468	–24	285

Основные частоты данного двузвучия – 751 Гц и 909 Гц.

Известно, что при игре на музыкальных инструментах типа *куима чипсан* частоты обертонов могут быть лишь относительно (не точно) кратны частоте основного тона, что подтверждает вышеприведенная таблица – $751 \neq 1515$, $909 \neq 1901$ (см. таблицу № 1).

Приведём пример слуховой нотации наигрыша *Нöлялöм-10* (фрагмент, пример № 1).

Пример № 1



Этот же фрагмент мы расшифровали с помощью ПК. Компьютерный анализ даёт возможность рассмотреть структуру наигрыша на четырёх уровнях¹⁶: частоты каждого звука (в Гц) в их соотношении с темперированной высотой, ритма смены звуков в соотношении с временной протяжённостью каждого из них в секундах (пример № 2).

Пример № 2

913	669	756	...	930	687	670	
834	640	640	759	774	637	637	751
ais	e	fis	ais	ais	f	e	...
gis	dis	dis	fis	g	dis	dis	fis
04,641	05,005	05,374	05,701	06,025	06,395	07,107	07,806

¹⁶ Компьютерный анализ позволяет выявить и другие уровни структуры наигрыша: формирование звука, уровень мощности, т. е. громкость, скорость звука и т. д.

Если записать эту компьютерную расшифровку в темперированном строе, то она будет выглядеть так (пример № 3):

Пример № 3



Сравнивая две расшифровки, можно прийти к выводу, что при нотировке на слух наше ухо «достраивает» наигрыш с учётом законов его построения в рамках определенной традиции.

Говорить о превалирующем значении той или иной расшифровки – не входит в задачи нашей работы. Но отметим, что слух каждого человека имеет свои особенности при восприятии высоты, темпа, ритма, тембра. Компьютерная расшифровка призвана разрешить спорные вопросы.

А. В. Харуто¹⁷ определяет одной из главных задач компьютерных исследований для фольклористов звуковысотную расшифровку фонограммы конкретного исполнения, фиксацию темпоритмического рисунка, динамических оттенков и других характеристик, в частности тембровых [8, с. 78]. На наш взгляд, тембровые характеристики для исследователей-этномузыкологов имеют первостепенное значение наряду со звуковысотными.

Таким образом, использование современных технологий позволяет увидеть традиционную музыку под другим углом зрения, выявить неподвластные слуху, но точно фиксируемые аппаратурой её новые

¹⁷ Харуто А. В. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой музыкально-информационных технологий Московской государственной консерватории им. П. И. Чайковского.

характеристики, которые значительно расширяют наши представления об её устройстве и психологии её восприятия.

Литература

1. Алдошина И. А., Приттс И. Музыкальная акустика. СПб: Композитор, 2006. 720 с.
2. Власов А. Н., Канева Т. С. К проблеме феноменологии локальных традиций (по результатам исследования фольклорной культуры Европейского Северо-Востока России) // Народная культура Европейского Севера России: региональные аспекты изучения: сб. науч. трудов. Сыктывкар: СыктГУ, 2006. С. 16–39.
3. Жуланова Н. И. Многоствольные флейты в традиционной культуре коми-пермяков. М.: Композитор, 2008. 212 с.
4. Квитка К. В. Об историческом значении флейты Пана // Музыкальная фольклористика. М., 1986. Вып. 3. С. 244–257.
5. Традиционная культура народа коми: этнографические очерки. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1994. 272 с.
6. Чисталёв П. И. Коми народные музыкальные инструменты: дис. ... канд. иск. Л.: ЛГИТМиК, 1974. 172 с.
7. Харуто А. В. Компьютерный анализ звука в музыкальной науке. М.: Московская консерватория, 2015. 447 с.
8. Харуто А. В. Компьютерный анализ звука в музыковедении и музыкальной педагогике: исследование музыкального звука // Музыкальная академия. 2009. № 4. С. 77–83.
9. Хорнбостель Э., Закс К. Систематика музыкальных инструментов // Народные музыкальные инструменты и инструментальная музыка. Ч. 1. М.: Сов. композитор, 1988. 264 с.

References

1. Aldoshina I. A., Pritts I. *Muzykal'naja akustika* [Musical acoustics]. St. Petersburg: Kompozitor, 2006. 720 p.
2. Vlasov A. N., Kaneva T. S. K probleme fenomenologii lokal'nyh tradicij (po rezul'tatam issledovanija fol'klornoj kul'tury Evropejskogo Severo-Vostoka Rossii) [To the problem of the phenomenology of local traditions (based on the research results of the folklore culture of the European North-East of Russia)]. *Narodnaja kul'tura Evropejskogo Severa Rossii: regional'nye aspekty izuchenija: sb. nauch. trudov* [Folk culture of the European North of Russia: regional study aspects: Collection of scientific works]. Syktyvkar: SyktGU, 2006, pp. 16–39.
3. Zhulanova N. I. *Mnogostvol'nye flejty v tradicionnoj kul'ture komi-permjakov* [Multibarrelled flutes in the traditional Komi-Permyak culture]. Moscow: Kompozitor, 2008. 212 p.
4. Kvitka K. V. Ob istoricheskom znachenii flejty Pana [On the historical significance of the

- Pan flute]. *Muzykal'naja fol'kloristika*. Vyp. 3. [Musical folkloristics. Issue 3]. Moscow, 1986. pp. 244–257.
5. *Tradicionnaja kul'tura naroda komi: jetnograficheskie ocherki* [Traditional culture of the Komi people: Ethnographic essays]. Syktyvkar: Komi knizhnoe izdatel'stvo, 1994. 272 p.
 6. Chistal'ov P. I. *Komi narodnye muzykal'nye instrumenty: dis. ... kand. isk.* [Komi folk musical instruments: thesis research of the Ph. D. in History of Arts]. Leningrad: the Leningrad State Institute of Theatre, Music and Cinematography, 1974. 172 p.
 7. Haruto A. V. *Komp'yuternyj analiz zvuka v muzykal'noj nauke* [Computer sound analysis in music science]. Moscow: Moskovskaja konservatorija, 2015. 447 p.
 8. Haruto A. V. *Komp'yuternyj analiz zvuka v muzykovedenii i muzykal'noj pedagogike: issledovanie muzykal'nogo zvuka* [Computer analysis of the sound in musicology and musical pedagogy: the study of musical sound]. *Muzykal'naja. Akademija* [Musical academy]. 2009. No. 4, pp. 77–83.
 9. Hornbostel' Je., Zaks K. *Sistematika muzykal'nyh instrumentov* [Musical instruments systematics]. *Narodnye muzykal'nye instrumenty i instrumental'naja muzyka* [Folk musical instruments and instrumental music]. Part 1. Moscow: Sovetskij kompozitor, 1988. 264 p.