

УДК 502.313+57.034

МУЗЫКА СФЕР И МУЗЫКА ЛЮДЕЙ
**В связи со статьей Б.Л. Берри «Гелиогеофизические процессы,
периоды их колебаний и прогнозы»**

© 2011 г. А.В. Лагуткина¹, А.Н. Никольский²

¹ Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, г. Москва, Россия

² ЗАО «Альбатрос», г. Москва, Россия

Обсуждается предложенная Б.Л. Берри «музыкальная модель» распределения периодов колебаний, обнаруженных в природных и социальных процессах. Показано, что 32-нотная прогрессия не позволяет с приемлемой точностью выразить музыкальные интервалы, поэтому аналогия природных процессов с музыкой является крайне поверхностной. Выбор равномерно темперированной шкалы следует признать неудачным с точки зрения возможности представления целочисленных (резонансных) отношений частот.

Ключевые слова: периодичность, природные процессы, моделирование, музыкальная модель.

Поиск периодичностей природных процессов занимает очень важное место в естественных науках. Получаемые на этом пути результаты представляют значительный интерес не только для фундаментальных, но и для прикладных наук, поскольку открывают возможности прогнозирования практически важных для человечества природных процессов. К настоящему моменту выявлено множество периодичностей в широком диапазоне периодов, установлено существование согласованных значений периодов различных по природе гелиогеофизических и биологических процессов [Гамбурцев, 2007, 2008; Халберг и др., 2009а–г]. Сформировалась новая наука – хрономика, в центре внимания которой находятся изучение временной, прежде всего колебательной, структуры различных процессов и картирование циклов в биоте и окружающей среде [Корнелиссен, 2009; Сидорин, 2009].

Однако до сих пор не установлены причины возникновения и закономерности распределения периодов колебаний различных природных процессов. Поиску этих закономерностей посвящена работа Б.Л. Берри [2010]. Ее основные положения достаточно детально рассмотрены в весьма интересной и содержательной дискуссии, развернутой вокруг обсуждаемой проблемы на страницах журнала «Геофизические процессы и био-

сфера» [Боярский, Децеровский, 2010; Сидорин, 2010]. Однако в рамках этой дискуссии отсутствует адекватная оценка важного методологического недостатка работы [Берри, 2010], связанного с попыткой использования в качестве модели физических процессов, имеющих резонансы, темперированного музыкального строя. Обсуждению этого недостатка и посвящена настоящая заметка.

В работе [Берри, 2010] предпринята весьма интересная попытка описания сложных стохастических процессов простыми математическими соотношениями. Надо сказать, что в природе не существует «сложной» и «простой» математики; для выяснения положения планет природа не решает задачу N тел. Речь в данном случае идет лишь о более простой математике с точки зрения эволюции этой науки в человеческом обществе – рациональные числа представляются нам более понятными, чем трансцендентные. Упрощение физических моделей само по себе является интересной задачей, особенно важной для популяризации науки.

Проведение аналогий между различными, внешне, казалось бы, не связанными явлениями практиковалось со времен античности и определялось развитием математики как науки. Однако на этом пути встречались как значительные успехи (формула Бальмера), так и не менее значительные неудачи – в качестве такого примера можно привести астрологию. Существенное условие научной ценности подобных начинаний заключается в необходимости соблюдения методологии научных исследований.

В физике и, в частности, астрономии общепринятая методологическая практика состоит в построении *моделей*. Модель физического явления может быть сколь угодно упрощенной, но она должна обладать одним важным свойством – исследуемые с ее помощью свойства реального физического объекта должны в этой модели присутствовать в явно выраженной форме, по возможности с абсолютной точностью. При определенных условиях моделью земного шара может быть материальная точка, обладающая массой, в других задачах – однородный шар. В зависимости от особенностей решаемых задач возможны и другие модели. Но совершенно бессмысленно представлять земной шар в виде, например, невесомой нити.

К сожалению, теория Б.Л. Берри обладает именно таким, чисто методологическим, недостатком. Возьмем для примера следующий отрывок: «Эти 34 резонансных периода двух планетарных систем могут быть приближенно описаны геометрической прогрессией, подобной прогрессии для расчета резонансных частот дискретных музыкальных инструментов» [Берри, 2010, с. 26]. (Курсив наш. – А.В. Лагуткина, А.Н. Никольский).

В качестве модели целого ряда явлений, обладающих, по мысли автора, общим свойством *резонанса*, берется равномерно темперированный строй¹. Однако это единственная широко распространенная звуковысотная система, в которой, с математической точки зрения, практически полностью отсутствуют *резонансы*. Для более подробного объяснения этого факта напомним некоторые сведения из теории музыки.

Музыкальный строй, основанный на явлении резонанса, называется *натуральным*. При его построении используются так называемые консонансные интервалы, или соотношения частот, приятные для слуха. Это кварта (отношение 4:3), квинта (отношение 3:2), большая терция (отношение 5:4) и другие [Вахромеев, 2002]. В результате получается гамма, абсолютно гармоничная начальному тону. Натуральный строй имеет существенный недостаток, который достаточно просто выражается математически.

Основой для построения музыкальной шкалы является *октава*, или изменение частоты звука вдвое. Если на шкале присутствует некая частота f , то на этой шкале долж-

¹ Музыкальный строй, в котором каждая октава делится на математически равные интервалы.

ны присутствовать также частоты $2f$ и $1/2f$. Из требования наличия квинт следует, что вместе с частотой f на шкале должна присутствовать частота $3/2f$. Если разделить октаву на m равных интервалов (ступеней), то k -я ступень должна иметь частоту, относящуюся к f как $3:2$. Получаем уравнение $\log_2 3/2 = k/m$, которое не имеет решений при целых k и m [Шолов, 1963].

Для преодоления этой трудности был придуман так называемый *равномерно темперированный строй*, особенностью которого является деление октавы на 12 одинаковых интервалов. При этом соотношения между нотами выражаются иррациональными числами, а в аккордах появляются небольшие биения. Деление именно на 12 интервалов не случайно, оно обусловлено тем, что в такой системе отклонения от чистых квинты и кварты минимальны. Так, в темперированном строе большая терция составляет отношение не $5:4$, а корень кубический из 2, т.е. отличается от продиктованного требованиями резонанса значения уже во 2-м знаке после запятой. Квинта и кварта приближаются существенно точнее. Единственный интервал, выраженный в темперированном строе точным соотношением, – октава.

Таким образом, темперированный строй представляет собой математическую абстракцию, не имеющую физического содержания. Использование его в качестве модели физического явления, имеющего в основе резонансы, методологически некорректно. Заменить в приведенных рассуждениях темперированный строй на натуральный или пифагорейский не представляется возможным, поскольку музыкальный строй, основанный на чистых интервалах, не обладает свойством неограниченной масштабируемости (самоподобия), а в выкладках Б.Л. Берри использована шкала, охватывающая более 70 октав. На таком диапазоне натуральный строй (и все производные от него) просто не имеют смысла, как это отмечает сам автор.

Задача, решаемая автором, – восстановление музыкальной шкалы по ряду фактических наблюдений – никогда не ставилась в музыкальной теории. Теоретики музыки, от Аристоксена до Шёнберга, решали обратную задачу. Имея заранее известные теоретические соотношения, заведомо непригодные для решения текущих музыкальных задач, они искали систему математически закономерных практических приближений, не слишком заметных на слух. В полной мере эта задача не решена до сих пор.

Дополнительно следует обратить внимание на выбранную автором систему темперации – 32-ступенную. Такая шкала не используется в музыке, хотя 31-ступенная темперация была построена довольно давно, еще Х. Гюйгенсом [Общество..., 2010]. Почему это так, несложно понять, подсчитав ошибки (в центах¹) определения основных интервалов в 32-ступенной и 31-ступенной темперациях.

Ошибки (в центах) определения основных интервалов в темперациях с различным количеством ступеней

Интервал	31 ступень	32 ступени	12 ступеней
Малая терция	5.96	15.64	15.64
Большая терция	0.78	11.31	13.69
Квинта	5.18	10.54	1.96
Кварта	5.18	10.54	1.96

¹ В теории музыки принята единица измерения отношений, называемая центом. Две частоты с разницей в один цент относятся как $1 : 2^{(1/1200)}$.

Из приведенных данных видно, что 32-ступенная темперация для музыки не годится, в ней точность приближения некоторых основных интервалов хуже, чем даже в 12-ступенной. Общий вывод, который можно сделать из этих рассуждений: теория автора не имеет никакого отношения к музыке.

Надо заметить, что данная ошибка является чисто методологической и не связана с какими-либо статистическими закономерностями. Иначе говоря, утверждение «природные процессы в силу наличия в них резонансных явлений можно сравнить с музыкальной шкалой» некорректно, но этого нельзя сказать (в рамках обсуждаемой темы) про утверждение «природные процессы можно сравнить со степенной шкалой с равномерными интервалами».

Заключение

Резюмируем вышеприведенные соображения.

1. Не всякая геометрическая прогрессия со знаменателем вида $2^{1/n}$ удовлетворяет тем требованиям, которые предъявляются к музыкальной шкале. Частоты 32-нотной прогрессии не позволяют с приемлемой точностью выразить стандартные музыкальные интервалы, представленные целочисленными отношениями. Поэтому 32-нотную прогрессию, в отличие от 12-нотной или 31-нотной, вряд ли можно назвать «музыкальной».

2. При использовании аналогий в научных рассуждениях следует соблюдать особую осторожность, поскольку предмет, взятый в качестве аналогии, может обладать свойствами, противоречащими исходным целям. Одна из основных целей «музыкальной модели» Б.Л. Берри – представление целочисленных резонансных частотных отношений, присутствующих, как предполагает автор, в космических явлениях и различных процессах на Земле. Однако выбранная для этого прогрессия является крайне неудачной моделью, поскольку целочисленные резонансные отношения в ней представлены лишь приближенно.

Литература

- Берри Б.Л.* Гелиогеофизические и другие процессы, периоды их колебаний и прогнозы // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9, № 4. С. 7–52.
- Боярский Э.А., Децеровский А.В.* Музыка сфер и проза статистических критериев // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9, № 4. С. 67–99.
- Вахромеев В.А.* Элементарная теория музыки. М.: Музыка, 2002. 253 с.
- Гамбурцев А.Г.* Динамика современных процессов в окружающей человека природной среде // Геофизические процессы и биосфера. 2007. Т. 6, № 1. С. 5–53.
- Гамбурцев А.Г.* Человек в трех окружающих его средах: некоторые предварительные итоги комплексных исследований // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7, № 1. С. 53–75.
- Корнелиссен Г.* Достижения Франца Халберга – основоположника хронобиологии и хрономик // Геофизические процессы и биосфера. 2009. Т. 8, № 2. С. 75–84.
- Общество микротональной музыки Гюйгенса-Фоккера: <http://www.huygens-fokker.org/docs/fokkerorg.html>
- Сидорин А.Я.* Исследования влияния гелиогеофизических процессов на биосферу в работах Франца Халберга // Геофизические процессы и биосфера. 2009. Т. 8, № 2. С. 6–12.

- Сидорин А.Я. Новая гармоническая модель Вселенной: открытие или заблуждение? // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9, № 4. С. 5–20.
- Халберг Ф., Корнелиссен Г., Сотерн Р.Б., Шварцкопфф О. БЕЛ-циклы: ни «Брукнер», ни «Брикнер», а вновь востребованный Брюкнер // История наук о Земле. 2009а. Т. 2, № 1. С. 65–71.
- Халберг Ф., Корнелиссен Г., Сотерн Р.Б., Чаплицкий Е., Шварцкопфф О. 35-летний климатический цикл в гелиогеофизике, психофизиологии, военной политике и экономике // Геофизические процессы и биосфера. 2009б. Т. 8, № 2. С. 13–42.
- Халберг Ф., Корнелиссен Г., Бити Л.А., Отсука К., Ватанабе Е., Сотерн Р.Б., Катинас Г.С., Чаплицкий Е., Санчез де ла Пена С., Улмер В., Ревилла М., Зеeman М., Шварцкопфф О., Сингх Р.Б., Исследовательская группа «Феникс», Рабочая группа проекта БИОКОС. Успехи хрономиики в 2006–2008 гг. Ч. 1. Согласованность ритмов биосферных и гелиогеофизических процессов // Геофизические процессы и биосфера. 2009в. Т. 8, № 2. С. 43–74.
- Халберг Ф., Корнелиссен Г., Бити Л.А., Отсука К., Ватанабе Е., Сотерн Р.Б., Катинас Г.С., Чаплицкий Е., Санчез де ла Пена С., Улмер В., Ревилла М., Зеeman М., Шварцкопфф О., Сингх Р.Б., Исследовательская группа «Феникс», Рабочая группа проекта БИОКОС. Успехи хрономиики в 2006–2008 гг. Ч. 2. Циркадианные и циркасемисептанные ритмы // Геофизические процессы и биосфера. 2009г. Т. 8, № 4. С. 47–60.
- Шилов Г.Е. Простая гамма. Устройство музыкальной шкалы. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1963. 20 с. (Популярные лекции по математике; Вып. 37).

Сведения об авторах

ЛАГУТКИНА Анна Викторовна – научный сотрудник, Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга (ГАИШ) МГУ. 119992, г. Москва, Университетский проспект, д. 13. E-mail: speleoastronom@mail.ru

НИКОЛЬСКИЙ Александр Николаевич – инженер, ЗАО Альбатрос. 127434, г. Москва, ул. Немчинова, д. 12. E-mail: anickol@yahoo.com

GEOSPHERES' AND HUMAN BEINGS' MUSIC

Comment on «Heliogeophysical and other natural processes, periods of their oscillations and predictions» by B.L. Berry

A.V. Lagutkina, A.N. Nikolsky

¹ Sternberg Astronomical Institute, Lomonosov State University, Moscow, Russia

² Close corporation «Albatros», Moscow, Russia

Abstract. The distribution model of the oscillation periods revealed in natural and social processes developed by B.L. Berry is discussed. It was shown that the progression of 32 notes does not allow the music intervals to be presented with acceptable accuracy. So the analogy of natural processes with music is too superficial. The choice of the even-tempered scale should be considered as unsuccessful attempt from the point of view of possibility in representation of integer-valued (resonant) frequency ratios.

Keywords: periodicity, natural processes, modeling, musical model.