

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

УДК 168; 165.6; 165.19

Опыт анализа феномена музыкальности с позиций современной нейронауки**В. А. Бажанов, А. Г. Краева*Ульяновский государственный университет,
Российская Федерация, 432000, Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42

Для цитирования: Бажанов В. А., Краева А. Г. Опыт анализа феномена музыкальности с позиций современной нейронауки // Вестник Санкт-Петербургского университета. Философия и конфликтология. 2021. Т. 37. Вып. 2. С. 296–309. <https://doi.org/10.21638/spbu17.2021.209>

С позиции методологии биокультурного соконструктивизма анализируется феномен музыкальности, понимаемой как совокупность интонационно-ритмических устойчивых структур, которые могут выступать уже в процессе нейрогенеза предикторами ряда когнитивных способностей. Этот феномен может претендовать на статус универсалии человеческого бытия, поскольку является неотъемлемым нейрофизиологическим фактором формирования аналитических, вербально-логических и лингвистических компонент мышления. Анализ числовой природы ритмической компоненты врожденных онтогенетических структур дает возможность высказать предположение об основаниях единства художественных, протоматематических и математических когнитивных способностей в процессе онтогенеза. Показывается, что синхронизация, выражающаяся в резонансе (или асинхронизации) ментальных процессов на уровне нейронных систем, в которых генетически «настроены» представления о красоте, связана со статусом золотого сечения и числами Фибоначчи в качестве основания и индикаторов гармонических соотношений природы, человека, некоторых особенностей его когнитивного потенциала, эстетического восприятия и формирования музыкальных вкусов. Это, в свою очередь, является аргументом в пользу числовой природы музыки как элемента когнитивной активности, связанного с самоорганизацией ментальных систем, в поле которых функциональные и структурные паттерны золотого сечения выполняют роль одного из фундаментальных созидательных и гедонистических ком-

* Статья подготовлена при поддержке РФФИ, грант № 19-011-00007а «Проблема синтеза натурализма и социоцентризма в когнитивных исследованиях: истоки и значение для эпистемологии и философии науки» (Бажанов В. А.) и грант № 19-011-00118а «Инкорпорация идей нейронауки в эпистемологию искусства: генезис, когнитивные основания и значение для философии науки» (Краева А. Г.).

понентов. В статье обосновывается коррелятивная взаимосвязь гармонии и золотого сечения в контексте поиска оснований оптимального функционирования живых систем. Характер этой взаимосвязи говорит в пользу необходимости концептуального обогащения методологии в области современных когнитивных исследований, которая сопряжена с пересмотром фундаментальных понятий и установок, отличающих редукционизм, в пользу холизма, соотношения интуитивных и дискурсивных компонентов познавательного процесса.

Ключевые слова: биокультурный соконструктивизм, чувство числа, музыкальность, золотое сечение, когнитивные способности, синхронизация, резонанс.

В когнитивных исследованиях сегодня происходит едва ли не революционный рост знания. Одним из направлений этих исследований являются поиск и анализ единой системы когнитивных оснований науки и искусства. Во многом это стало возможным благодаря зарождению и интенсивной эволюции на рубеже XX–XXI веков нейроэстетики, которая расширила локус когнитивно-художественного дискурса.

В самом начале эволюции западноевропейской культуры музыка (в виде гармонiuма) в составе квадриуиума, как известно, входила в античное и средневековое образование. Эпистемологический потенциал искусства начиная с Нового времени надолго был оттеснен в тень ввиду традиции противопоставления науки и искусства и акцента в анализе природы познания на науке.

Современные исследования в области культурной нейронауки раскрыли сложные нейробиологические механизмы, указывающие на существование общих точек роста аналитического, вербально-логического и художественного мышления в онтогенезе человеческого мозга. Противопоставление науки и искусства как форм познавательной активности во многом уходит в прошлое. Напротив, «само математизированное знание и успехи технических наук создают предпосылки для их сближения со сферой искусства» [1, с. 9].

Существуют ли и каковы нейробиологические механизмы взаимовлияния числового познания и музыкальности, в какие феномены когнитивной деятельности они преобразуются благодаря пластичности мозга?

Одной из фундаментальных универсалий человеческой культуры является музыкальность как «комплекс *природных* задатков, обеспечивающих возможность воспитания в человеке музыкального вкуса» [2, с. 789], а музыка (как творчество композиторов, так и деятельность исполнителей и восприятие музыкальных произведений слушателями) может интерпретироваться под углом зрения переосмысленной в контексте современной науки кантианской идеи *трансцендентализма*. Такое ее понимание «задается условиями возможности музыки, komponирования, исполнения, восприятия, их предпосылками, выявляет априорные формы и структуры, представления, лежащие в основе музыки как явления... Как исполнитель, так и слушатель повторяют некоторым образом путь композитора, внося в него дополнительно свои априорные предпосылки» [3, с. 104–105, 121].

Не случайно определенная степень музыкальности свойственна едва ли не всем людям. Даже те, к кому имеет прямое отношение фразеологизм «медведь на ухо наступил», обычно неравнодушны к тем или иным музыкальным произведениям.

Каждый человек обладает врожденным механизмом «голосовой вилки», т. е. латентным абсолютным слухом¹, который может утрачиваться, не будучи в дальнейшем востребованным [4]. По всей видимости, это именно тот когнитивный инструмент, который позволяет младенцу в период пренатального и первичного постнатального онтогенеза распознавать в родном языке своеобразные музыкально-слуховые клише (паттерны) просодического типа как некие смысловые прообразы, которые в будущем послужат лингвистическими ориентирами в постижении родного языка. С достаточной долей уверенности можно полагать, что именно эти когнитивные микромоделли делают вообще возможным освоение как языка, так и музыки [5]. Начиная с материнской колыбельной, интонации которой может воспринимать еще не рожденный младенец, музыка фактически сопровождает нас всю жизнь. В общении с людьми музыка также традиционно принимает участие. Ареал распространения музыки наводит на мысль, что она относится к своего рода неотъемлемым универсалиям человеческого бытия.

Музыкальные вкусы и предпочтения у всех нас разные. Для кого-то классическая музыка является эталоном созвучности и гармонии, кто-то связывает свое эстетическое кредо с ритмами джаза, кто-то наделен способностью тонко чувствовать микротоновость и бестактовую ритмическую организацию кажущихся бесконечными волновых секвенций музыки южных регионов Азии. Какими факторами определяются наши музыкальные предпочтения? В какой мере эти предпочтения зависят от естественных (связанных с активностью нейронов) и социально-культурных реалий, в которые человек оказывается погруженным с рождения, в процессе взросления, зрелости и старости? Думается, что современная нейронаука позволяет пролить некоторый свет на поставленные вопросы.

Музыкальность в функционалах живых систем

Необходимо начать с констатации того факта, что способности к речи и к музыке «обслуживаются» одними и теми же участками мозга: нейронными сетями, относящимися к корковой и подкорковой зоне [6]. Временной промежуток (своего рода «когнитивное окно»), в течение которого ребенок может овладеть речью, достаточно ограничен. Это всего несколько лет, причем для овладения речью совершенно необходимо языковое окружение: язык является продуктом длительной культурной эволюции, и надо учитывать, что «подобно тому, как контуры биологических систем и условия их репродукции определяются окружающей средой, контуры языка определяются многими поколениями его носителей и их сформированным в процессе эволюции мозгом» [7, р. 626]. Естественный язык и музыка имеют довольно много общих свойств и в части онтогенетического, и географического, и исторического развития, а также в филогении. Функции языка и музыки во многом идентичны: коммуникация, стимулирование просоциального поведения и общения, поиск оснований общей идентичности и сплоченности говорящих и/или слушающих музыкальные мелодии. Но естественный и музыкальный языки отличны по ряду существенных параметров, хотя и развиваются в течение многих поколений людей в процессе ген-культурного взаимодействия [8, р. 2, 5]. Вряд

¹ Способности достаточно точно лоцировать высоту звуков без соотнесения с предварительно прослушанными и заранее известными звучаниями.

ли появление музыки с ее значительной ролью в разных формах коммуникации можно считать лишь побочным продуктом (by-product) развития человеческих обществ. В действительности музыка в некотором смысле служит и целям адаптации людей к окружающей среде, и средством привлечения сексуальных партнеров (Ч. Дарвин), и укреплению связей и близости родителей и детей, и сплочению социальных групп. Поэтому развитие музыкальности людей и музыкального познания — неотъемлемый и важный фактор эволюции любых социальных сообществ [9, p. 1, 6].

Под углом зрения методологии биокультурного соконструктивизма естественная траектория развития индивида и его социально-культурная эволюция видятся неразрывно связанными: с одной стороны, социум и культура детерминируют развитие мозга (в том числе и нейрофизиологические системы, и представленность определенных наборов генов), а с другой — идет обратный процесс, который состоит в нейродетерминации культуры. Эта ситуация предполагает осмысление в представлениях, характерных для холизма. Здесь надо учитывать и принцип единства закономерностей структурных уровней реальности (материи), который настаивает на номологическом единстве мира: определенные закономерности «пронизывают» все структурные уровни, являются для них «сквозными». Такой закономерностью можно считать явление самоорганизации, которое в физике проявляется в виде синхронизации механических систем, усложняясь до уровня самоорганизации социальных систем. Когда имеются автономные системы, то ритм их функционирования («жизни») также может синхронизироваться: они начинают существовать самосогласованно, в режиме единого ритма и времени, формируя особый, замкнутый *темпомир*. Или же, напротив, какие-то части единой системы устроены таким образом, что никогда не смогут функционировать в синхронном режиме, войти в резонанс.

На наш взгляд, именно в данном направлении имеет смысл искать причины, согласно которым взаимодействуют музыка и человек. Соображения, связанные с синхронизацией (или асинхронизацией) ментальных процессов на уровне нейронных сетей, наиболее эффективны при рассмотрении особенностей музыкальных предпочтений, эмоционального воздействия музыки и многообразия музыкальных направлений, традиций и жанров. Это предположение имеет *гипотетический* характер, но оно кажется наиболее правдоподобным на фоне иных, не столь, как нам известно, многочисленных, подходов к оценке природы музыкальных вкусов и пристрастий.

«Чувство числа» и музыкальность в онтогенезе

Культурная нейронаука, и в частности нейроэстетика, исходит из положения о том, что способность мозга целенаправленно дифференцировать хаотичный интонационно-звуковой поток, окружающий младенца еще до рождения², ритмически организованные сопряженные между собой интонации — элементы музыкального и естественного языка, — обуславливает степень развития его интел-

² На шестнадцатой неделе внутриутробного развития плод начинает воспринимать первые звуки — он чувствует звуки как вибрацию разной интенсивности от 30 до 96 дБ, но уже на двадцать первой неделе ребенок различает звуковые волны и воспринимает интонации.

лекта в будущем, причем практически всех его когнитивных функций [10, p. 315]. Таким образом, нейронаука позволяет трактовать идею кантианского априоризма, носителем которого выступает трансцендентальный субъект, в новом свете — она представляется весьма актуальной в контексте осмысления фактов, указывающих на существование у субъекта устойчивых представлений, сгенерированных уже на самых ранних этапах онтогенеза. В их ряду слуховые, интонационно-ритмические когнитивные корреляты — врожденные генетические паттерны, которые, по всей видимости, являются первичными и «запускаемыми» еще на пренатальном этапе формирования мозга младенца.

Будущий младенец находится под воздействием постоянно окружающего его аудиозвукового потока. При этом его мозг далеко не пассивен при восприятии аудиозвуковой информации: голос матери он различает на фоне иных голосов и фиксирует его. Таким образом, ухо является первым сенсорным когнитивным приспособлением еще не рожденного ребенка, которое формируется и начинает функционировать уже после четырех-пяти месяцев беременности. Весьма важным является тот факт, что при нормальном развитии и формировании плода (исключая, например, детей с синдромом Дауна) функционирование данного слухового механизма способствует росту связей между нейронными сетями левого и правого полушарий мозга, что свидетельствует в пользу первичной и даже, возможно, определяющей роли слуха на старте формирования интеллекта ребенка и развития его когнитивных способностей. Интонационно-ритмические знаковые модели в моменты их «узнавания» младенцем «прокладывают следы психосенсорного опыта и закладывают потребности в его воспроизведении и в психомоторной имитации» [11, p. 244–245].

Современная нейронаука позволяет придать идеям Канта новое измерение, признав в качестве одного из основополагающих элементов врожденных генетических структур, своего рода трансцендентальных образований, первичные паттерны слуховой стимуляции, имеющие интонационно-ритмическую природу. Важная роль метроритмической (числовой) компоненты, структурирующей фонд генетически врожденных структур во времени, позволяет сопоставить феномены музыкальности и числового познания.

В период самого раннего онтогенеза (за месяцы до рождения) нервно-мышечная двигательная реакция младенца различна по своей интенсивности и скорости моторики движений в зависимости от характера и ритмической организации воздействующих на него интонационно-слуховых паттернов, воспринимает он энергичную четко акцентированную ритмику марша или же умиротворяющие «качающие» четырехдольные интонации колыбельной [12, с. 180–181]. Это дает основания предполагать наличие нейродинамического влияния на характер сенсомоторных движений младенца посредством восприятия им прежде всего *количественных* (т. е. метроритмических), а позднее — в некотором смысле *качественных* характеристик интонационно-слуховых паттернов (например, пропорциональности).

Музыкальный ритм основан на числовых отношениях пауз и длительностей, которые задают временные параметры музыкально-когнитивным явлениям, а именно соразмерность, пропорциональность и статику, понимаемую как устойчивая повторяемость и вариативность. Ритм определяется как временная структура любых воспринимаемых процессов, в том числе интонационно-слуховых [13, с. 657].

Первичность ритмической организации (описываемой числовыми соотношениями) паттернов слуховой стимуляции в процессе онтогенеза дает основания утверждать, что интонационно-слуховые паттерны, а именно их ритмическая составляющая, упорядочивающая интонационно-слуховой информационный фон во времени, являются важным нейрофизиологическим механизмом, генерирующим у человека интуитивное «чувство числа», открытое и изученное французским нейрофизиологом С. Деаном [14]. Числовой компонент в структурах паттернов интонационно-слуховой стимуляции следует рассматривать как исходный предиктор способности к числовому познанию, который в онтологическом плане базируется на функционировании двух основных нейронных сетей, обеспечивающих процесс субитации и оперирования приблизительными оценками количеств предметов. Это позволяет младенцам уже начального этапа постнатального периода осуществлять простые операции с числовой по своей природе информацией (подробнее см.: [15]).

Последовательная взаимосвязь интонационно-слуховых паттернов с проявлениями мышечно-двигательной (сенсомоторной) реакции на «узнаваемые» при повторении метроритмические импульсы объясняется функционированием системы зеркальных нейронов головного мозга в процессе онтогенеза как на стадии пренатального развития, так и в первые месяцы жизни младенца [16, р. 2]. Таков механизм формирования первоосновы для развития интеллекта ребенка, его аналитико-математического мышления, лингвистических способностей посредством действия механизма импринтинга, а также в конечном счете когнитивных способностей в целом.

По-видимому, такая изначальная взаимная детерминация музыкальности и числа в процессе онтогенеза на более поздних этапах нейрогенеза является причиной существования следующих взаимозависимостей. В математическом аспекте, начиная с классики И. С. Баха и до регтайма Скотта Джоплина, музыка подчиняется аллометрическому закону, который имеет форму $X = 1/Y^f$, где Y — частота, а f — числовой показатель, значения которого варьируются от 1 до 2. Этот закон проявляет себя во многих ментальных процессах [17, р. 1]. В случае известных музыкальных произведений в западной музыке — если говорить об измерении тональности и высоты звука — показатель степени довольно близок к значению 1.618. Это число известно как «золотое сечение» — своего рода естественный эталон красоты, издавна привлекавший внимание тех мыслителей, кто стремился раскрыть загадки гармонии [18]. Анализ 1788 произведений 40 композиторов классической западной музыки показал, что параметры спектра ритма и тональности укладываются в интервал 1.79–1.97, причем для Бетховена характерен спектр с максимальными показателями степени, для Моцарта — с минимальными, спектр произведений Гайдна занимает промежуточную позицию, а спектры мелодий Монтеверди и Джоплина почти совпадают [19, р. 3717]. При этом следует учитывать, что музыкальное творчество (особенно в форме импровизаций) требует значительной степени автоматизма, который достигается в результате упорных и длительных тренировок [20, р. 496].

В серии серьезных физических экспериментов установлено, что нейронные сети испытывают наибольшее возбуждение при поступлении в мозг сигналов со спектром $X = 1/Y^f$, который, как и в случае музыкальных произведений, подчиняется аллометрическому закону [21].

Таким образом, нейронные сети при восприятии музыки (по крайней мере западной) входят в своего рода резонанс с ритмом и тональностью, которые заложены в нее композиторами. Именно возможность резонанса внешних (музыкальных) частот и внутренних (нейронных) систем, формирование относительно замкнутого *темпомира* лежит в основаниях эстетического чувства, эмпатии и скрытой мышечной активности, которой проникается слушатель [22, р. 202]. Вероятно, это относится и к восприятию восточной музыки, но соответствующие исследования нам пока неизвестны.

Гедонистическая функция музыки и золотое сечение

Можно предположить, что указанная выше возможность резонанса внешних (музыкальных) частот и внутренних, биологических (нейронных) структур, лежащих в основании эстетического чувства красоты, возникает потому, что сама природа следует принципу эстетической структуризации, а именно — принципу золотого сечения, а значит, явление резонанса «встроено» в механизм трансмиссии биологической информации: «...ориентируясь на феномен резонанса, пронизывающий все уровни организации материи, роль стимулятора может играть... среда, если ее соразмерность отвечает правилу биоритма» [23, с. 298].

По-видимому, существует ряд объективных законов, регулирующих процесс формирования и отражения в природе и искусстве законов красоты. Весьма точным с современной точки зрения является замечание И. Канта о том, что «самостоятельная красота природы открывает нам *технику природы*, представляющую природу как систему, подчиненную законам, принцип которых мы не встречаем во всей нашей рассудочной способности, а именно законам целесообразности в отношении применения способности суждения к явлениям таким образом, что судить о них надлежит не только как о принадлежащих природе, с ее лишенными цели механизмом, но и как о допускающих аналогию с искусством» [24, с. 251–252]. Эти законы лежат в основе анатомического строения тела и внутренних органов человека и других живых организмов, а также физиологических процессов, функционально обеспечивающих их жизнедеятельность.

Процесс наделения качествами эстетической красоты структур и процессов, выстроенных в пространстве и во времени согласно золотому сечению, обусловлен их резонансом с сердечной ритмикой [25, с. 143]. Как поэтично заметил известный отечественный исследователь восточноазиатской музыкальной культуры У Ген-Ир, «музыка Востока, в частности Кореи, — это музыка души с ее изменчивостью, а музыка Запада — музыка сердца с регулярностью его биения» [26, с. 211].

Ритм пульса является универсальным показателем оперативной реакции целостного организма на любое внешнее и внутреннее воздействие: он «...отражает органическую человеческую жизнь со всеми ее атрибутами, поэтому он подвержен настроениям и эмоциям, восторгу и депрессии». Исполняемая музыка резонирует с ритмом сердца музыканта-исполнителя [27, р. 454].

В дальнейшем целые поколения ученых указывали на прямую взаимосвязь музыки с биением человеческого сердца. Австрийский исследователь в области психологии музыки Р. Парнкатт показал, что музыкальные ритмы, которые мы воспринимаем или воспроизводим вовне, связаны с сердцебиением и ходьбой. Ам-

плитудно-временные параметры шагового цикла в произвольном темпе (опора — перенос ног) соответствуют золотому сечению, при этом темпометрическая амплитуда устанавливается центральной нервной системой [28, р. 128]. Если говорить об оптимальных музыкальных ритмических фракциях, равных ритмическим пропорциям сердцебиения и ходьбы, то, как указывает К. Гудес, «неудивительно, что эти временные значения (75–120 ударов в минуту) составляют музыкальные темпы большинства произведений танцевальной музыки» [29, р. 489]. Выводы Гудеса подтвердили результаты экспериментов У. Мак-Дугала. Ему удалось показать, что наиболее комфортный темп движений для человека составляет примерно 120 шагов в минуту [30, р. 1172].

Физиологическое строение глаза как части мозга, вынесенной на периферию, пронизано пропорциями золотого сечения. Глаз синтезирует информацию для мозга в пропорциях и ритмах золотого сечения, «синхронная работа которого (мозга. — В. Б., А. К.) при восприятии и переживании прекрасного и дает человеку ощущение гармонии» [31, с. 36].

Акустические импульсы сердцебиения, волновое поле дифракционных вибраций аппарата внешнего дыхания матери, выражающееся в ритме чередований вдоха и выдоха, акустическая амплитуда шаговых и вибрационных колебаний ее тела соответствуют формированию у плода (в некотором смысле априорного) чувства пропорции, соразмерности [32, с. 112], а значит, могут выступать предикторами восприятия гармоничных числовых отношений посредством синхронизации.

В более поздние периоды нейрогенеза у будущих композиторов врожденные представления о числе и пропорции начинают выполнять функцию первоначального композиционно-структурирующего базиса, на который накладывается интонационно-музыкальная фактура будущих музыкальных произведений. При этом большинство композиторов в мельчайших подробностях «слышат» свои музыкальные произведения внутренним слухом задолго до того, как записывают партитуры. В истории искусства известен факт «предслышания» композитором будущего музыкального произведения на уровне «внутреннего слуха», всего богатства музыкально-ритмической и тембровой фактуры текста произведения, которое обнаруживается при математическом анализе полифонической музыкальной ткани у Баха, оркестровой фактуры — у потерявшего очень рано слух Бетховена.

Бетховен утрачивал слуховые способности постепенно. И когда он уже почти не слышал, в процессе сочинения музыки брал деревянную трость в зубы и приставлял к роялю. Дело в том, что даже у людей, которые лишены слуха, сохраняется функция «внутреннего уха». Оно находится в толще пирамиды височной кости и состоит из системы костных полостей (перепончатого лабиринта), которая воспринимает вибрации, передающиеся, как в случае с Бетховеном, через костную ткань [33, с. 42]. Бетховен таким образом фиксировал звуковысотные вибрации (т. е. конкретные музыкальные звуки), чтобы произвести необходимые для нотной партитуры расчеты звуковой фактуры той музыки, звучание которой он *уже* «предслышал» задолго до появления на свет нотной записи его гениальных произведений. Таким образом, музыкальное последствие (фиксация его в партитуре) закономерно взаимосвязано с когнитивным «преддействием» — предслышанием. Механизм своего рода слухового импринтинга при наличии врожденного «словаря» интонационно-ритмических структур обуславливает способность к «предви-

дению» и «предслышанию» результатов музыкально-когнитивной деятельности до того, как они будут видимы, осязаемы, услышаны и воспроизведены, записаны.

Врожденное чувство пропорции руководит непосредственной работой композитора с музыкально-нотной партитурой. Если восприятие музыки и активизация нейронных сетей связаны с кодами золотого сечения, то процессы синхронизации (или асинхронизации) ментальных процессов, происходящих при прослушивании музыкальных произведений, надо осмысливать посредством рядов Фибоначчи [34]. Композиторы на сознательном или бессознательном уровне следуют закономерностям, относящимся к этим рядам. В некоторых произведениях такая зависимость выражена достаточно однозначно. Можно, например, назвать произведения Баха (Goldberg-Variationen), Моцарта (Sonata no. 1 in Do maggiore K 279 I), Бетховена (Simfonia no. 5 in Do minore I), Дебюсси (12 Preludi, Libro Primo), Бартока (Musica per archi, percussion e celesta, BB 114, SZ 106), из современных композиций — Штокхаузена (Klavierstücke IX), Ксенакиса (Metastasis), “Deep Purple” (“Child In Time”) и т. д.

Нейрофизиологические процессы, описываемые рядами Фибоначчи, активизирующиеся в процессе прослушивания музыки, либо синхронизируются, либо, напротив, протекают в асинхронном режиме. Такого рода режимы фиксируются электроэнцефалографическими методами измерения активности нейронных сетей. Дело в том, что синхронизация двух осцилляторов (а нейроны с физической точки зрения в активном состоянии являются таковыми) невозможна в математическом смысле в том случае, если разница частот их колебаний кратна «золотой пропорции». Так, частоты колебаний осцилляторов-нейронов при дельта-ритме — 1.5–4 Гц, тета-ритме — 4–10, альфа-ритме — 8–12, бета-ритме — 10–30, гамма-ритме — 30–80 Гц и т. д. Обычно максимальные частоты этих ритмов в герцах соответственно таковы: 1.5, 2.5, 4, 6.5, 10, 16, 25, 40 и т. д. Отношение тета-ритма к дельта-ритму — $2.5/1.5 = 1.66$; альфа-ритма к тета-ритму — $4/2.5 = 1.6$; бета-ритма к альфа-ритму — $6.5/4 = 1.625$ и т. д. Таким образом, отношения между ритмами колебаний нейронов близки к значению золотого сечения. С математической точки зрения они не могут быть синхронизированы. Такая ситуация соответствует «молчащим» нейронным сетям; мозг как бы находится в полном покое. Однако в физиологическом аспекте эти колебания нейронных сетей «совпадают», происходят в «унисон», вступают в резонанс [35, р. 2; 36, р. 1, 3]. Речь идет о синхронизации нейрофизиологических процессов, важнейшей особенностью которой является «создание» своего рода «единого времени» их протекания: две (или более) относительно автономные системы образуют некоторую целостность со «встроенным» внутренним ритмом «жизни». Это «единое время» (равное примерно 30–40 миллисекундам) для нейронных сетей представляет собой «окно», размеры которого достаточны для восприятия и переработки информации, поступающей из внешнего мира [37, р. 245–246]. Этот период времени необходим для определения и оценки мозгом реальности или сюрреальности информации и реакции на нее. Его наличие подтверждено в экспериментах с эстетическим восприятием и музыки, и поэзии [38, р. 4, 8]. По всей видимости, этот период как-то связан с известными циркадными ритмами, нарушение которых чревато для индивидуума (в тяжелых случаях) психологическими и даже психическими нарушениями или же с травмами, которые искажают процессы самоидентификации личности [10, р. 2–3]. Особенно на-

глядно такого рода нарушения и патологии иногда могут репрезентироваться в художественном творчестве, например в сюрреализме, импрессионизме или постимпрессионизме. Впрочем, обобщенные, в высшей степени субъективно окрашенные образы реальности в такого рода творчестве позволяют назвать его в некотором смысле осуществляющим особые метакогнитивные функции [38, р. 7–8; 39, р. 570–571], поскольку здесь «реальное преобразуется в нереальное» [40, р. 1] и возникает новая картина реальности.

Заключение

Интонационно-слуховые ритмические паттерны как генетически верифицированные программы, представляющие собой совокупность процессов акустической вибростимуляции и воспринимаемые мозгом как в пренатальный, так и в постнатальный периоды онтогенеза, выполняют роль предзаданных (и в этом смысле априорных для последующей активности) музыкально-слуховых когнитивных элементов. Они являются предикторами степени выраженности феномена музыкальности. Наличие ритмической, описываемой числовыми соотношениями компоненты, своего рода «ритма чисел» в структуре интонационно-слуховых паттернов, позволяет предположить существование общих точек роста генезиса художественных (в данном случае музыкальных), протоматематических и математических способностей.

Музыкальный вкус генерируется в процессе реакций резонанса, которые возникают в моменты конвергенции внешних (интонационно-слуховых) вибраций и внутренних (нейронных) структур, что проявляется в синестезии, двигательнo-мышечной активности человека. Это, в свою очередь, способствует формированию эстетического вкуса на разных этапах нейрогенеза, а также ментальности, которая обнаруживается уже в начальном постнатальном периоде онтогенеза как осознание «своего» и «чужого».

Критерий золотого сечения является одной из тех основополагающих закономерностей структурных уровней организации реальности, математические закономерности которого «пронизывают» ее относительно автономные структурные уровни. Гармонические соотношения в области искусства в целом и музыки в частности в математическом аспекте описываются закономерностями, которые относятся к золотому сечению и репрезентируются посредством чисел Фибоначчи.

Литература

1. Фейнберг, Е. Л. (1992), *Две культуры: интуиция и логика в искусстве и науке*, М.: Наука.
2. Алиев, Ю. Б. (1976), Музыкальность, в *Музыкальная энциклопедия*, т. 3, гл. ред. Келдыш, Ю. В., М.: Советская энциклопедия, с. 789.
3. Круглов, А. Н. (2010), Трансцендентальная интерпретация музыки, в *Альтернативные миры знания*, СПб.: Изд-во РХГА, с. 102–141.
4. Saffran, J. R. (2003), Musical learning and language development, *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 999 (1), pp. 397–401.
5. Lany, J. and Saffran, J. R. (2010), From statistics to meanings: Infant acquisition of lexical categories, *Psychological Science*, vol. 21 (2), pp. 284–291.
6. Asaridou, S. S. and McQueen, J. M. (2013), Speech and music shape the listening brain: Evidence for shared domain-general mechanisms, *Frontiers in Psychology*, vol. 4, article 321. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00321>.

7. Chater, N. and Christiansen, M. H. (2010), Language evolution as cultural evolution: How language is shaped by the brain, *Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science*, vol. 1 (5), pp. 623–628. <https://doi.org/10.1002/wcs.85>.
8. Ravnani, A., Thompson, B. and Filippi, P. (2018), The evolution of musicality: What can be learned from language evolution research? *Frontiers in Neuroscience*, vol. 12, article 20. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00020>.
9. Honing, H., Cate, T. C., Peretz, I. and Trehub, S. E. (2015), Without it no music: Cognition, biology and evolution of musicality, *Philosophical Transactions of Royal Society (B)*, vol. 370, article 20144088. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0088>.
10. Zatorre, R. (2005), Music, the food of neuroscience?, *Nature*, vol. 434, pp. 312–315.
11. Tomatis, A. (1991), *The conscious ear: My life of transformation through listening*. Paris: Station Hill Press.
12. Мозгот, В. Г. (2015), Музыкальный импринтинг как фактор проявления ранней художественной одаренности личности, *Мир психологии*, № 81 (1), с. 176–185.
13. Холопова, В. Н. (1978), Ритм, *Музыкальная энциклопедия*, т. 4, гл. ред. Келдыш, Ю. В., М.: Советская энциклопедия, с. 657–666.
14. Dehaene, S. (2011), *The number sense: How the mind creates mathematics*, Oxford, NY: Oxford University Press.
15. Бажанов, В. А. (2019), Числовое познание в контексте когнитивных исследований, *Вопросы философии*, № 12, с. 82–90.
16. Matyja, J. R. (2015), The next step: mirror neurons, music, and mechanistic explanation, *Frontiers in Psychology*, vol. 8, article 409. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00409>.
17. Wu, D., Li, C.-Y. and De-Zhong, Y. (2009), Scale-free music of the brain, *PLoS One*, vol. 4 (6), article e5915. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005915>.
18. Stakhov, A. P. (2009), *The Mathematics of Harmony. From Euclid to Contemporary Mathematics and Computer Science*, New Jersey, London and Singapore: World Scientific.
19. Levitin, D., Chordia, P. and Menon, V. (2012), Musical rhythm spectra from Bach to Joplin obey 1/f power law. *PNAS*, vol. 109 (10), pp. 3716–3720. <https://doi.org/10.1073/pnas.1113828109>.
20. Bashwiner, D. (2018), The neuroscience of musical creativity, in Jung, R. E. and Vartanian, O. (eds), *The Cambridge Handbook of the Musical Creativity*, Cambridge: Cambridge University press, pp. 495–516.
21. Yu, Y., Romero, R. and Lee, T. S. (2005), Preference of sensory neural coding for 1/f signals, *Physical Review Letters*, vol. 94, pp. 108103-1–108103-4.
22. Freedberg, D. and Gallese, V. (2007), Motion, emotion and empathy in aesthetic experience, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 11 (5), pp. 197–203. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.02.003>.
23. Шевелев, И. Ш., Маругаев М. А. и Шмелев И. П. (1990), *Золотое сечение: три взгляда на природу гармонии*, М.: Стройиздат.
24. Кант, И. (1994), *Критика способности суждения*, М.: Искусство.
25. Свентицкий, И. И. (2007), *Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации*, М.: ГНУ ВИЭСХ.
26. Ген-Ир, У (2002), *Введение в музыку стран Дальнего Востока (Китай, Корея, Япония)*, Петрозаводск: Изд-во Петрозаводской гос. консерватории.
27. Paderewski, I. J. (1909), *Tempo Rubato*, in Finck, H. T. (ed.), *Success in music and how it is won*, New York: Charles Scribner's Sons, pp. 454–461.
28. Parncutt, R. (1987), The perception of pulse in musical rhythm, in Gabrielsson, N. A. (ed.), *Action and Perception in Rhythm and Music*, Stockholm: Royal Swedish Academy of Music, pp. 127–138.
29. Guedes, C. (2007), Translating dance movement into musical rhythm in real time: New possibilities for computer-mediated collaboration in interactive dance performance, *Proceedings of The International Computer Music Conference*, Copenhagen, Denmark, pp. 485–490.
30. MacDougall, H. G. and Moore, S. T. (2005), Marching to the beat of the same drummer: the spontaneous tempo of human locomotion, *Journal of Applied Physiology*, vol. 99, pp. 1164–1173.
31. Ковалев, Ф. В. (1989), *Золотое сечение в живописи*, Киев: Выща школа.
32. Суббота, А. Г. (1996), «Золотое сечение» («Sectio aurea») в медицине, СПб.: Изд-во ВМА.
33. Конен, В. (1975), *Этюды о зарубежной музыке*, М.: Музыка.
34. Gend, R. van. (2014), The Fibonacci sequence and the Golden Ratio in music, *Notes on Number Theory and Discrete Mathematics*, vol. 20 (1), pp. 72–77.
35. Pletzer, B., Kerschbaum, H. and Klimesch, W. (2010), When frequencies never synchronize: The Golden mean and the resting EEG, *Brain Research*, vol. 1335, pp. 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.03.074>.

36. Klimesch, W. (2013), An algorithm for the EEG frequency architecture of consciousness and brain body coupling, *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 7, article 766. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00766>.
37. Bao, Y., Poppel, E., Wang, L. et al. (2015), Synchronization as a biological, psychological and social mechanism to create common time: A theoretical frame and a single case study, *Psychological China Journal*, vol. 4, pp. 243–254. <https://doi.org/10.1002/pchj.119>.
38. Bao, Y., Stosch, von A., Park, M. and Poppel, E. (2017), Complementarity as generative principle: A thought pattern for aesthetic appreciation and cognitive appraisals in general, *Frontiers in Psychology*, vol. 8, article 727. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00727>.
39. Silveira, S., Graupmann, V. et al. (2012), Matching reality in the arts: Self-referential neural processing of naturalistic compared to surrealist images, *Perception*, vol. 41 (5), pp. 569–576. <https://doi.org/10.1068/p7191>.
40. Siler, T.L. (2013), Neuro-impressions: Interpreting the nature of human creativity, *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 6, article 282. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00282>.

Статья поступила в редакцию 13 апреля 2020 г.;
рекомендована в печать 10 марта 2021 г.

Контактная информация:

Бажанов Валентин Александрович — д-р филос. наук, проф.; vbazhanov@yandex.ru
Краева Александра Геннадьевна — канд. филос. наук, доц.; kraevalex@list.ru

Analyzing the phenomenon of musicality through the lens of modern neuroscience*

V. A. Bazhanov, A. G. Kraeva

Ulyanovsk State University,
42, ul. Lva Tolstogo, Ulyanovsk, 432000, Russian Federation

For citation: Bazhanov V. A., Kraeva A. G. Analyzing the phenomenon of musicality through the lens of modern neuroscience. *Vestnik of Saint Petersburg University. Philosophy and Conflict Studies*, 2021, vol. 37, issue 2, pp. 296–309. <https://doi.org/10.21638/spbu17.2021.209> (In Russian)

From the standpoint of biocultural co-constructivism methodology, the article analyzes the phenomenon of musicality, which is understood as a set of intonation-rhythmic patterns that can act as predictors of a number of cognitive traits already in the process of neurogenesis. The authors claim that this phenomenon has the status of a universal of human existence, which is an integral neurophysiological factor in the formation of analytical, verbal-logical and linguistic components of reasoning. Analysis of the numerical nature of the rhythmic component of innate ontogenetic structures makes it possible to show the general points of growth of artistic, proto-mathematical and mathematical cognitive abilities in the process of ontogenesis. It is shown that synchronization, expressed in resonance (or asynchronization) of mental processes at the level of neural systems in which ideas about beauty are genetically “tuned”, is associated with the status of the golden ratio and Fibonacci numbers. The processes of synchronization can be assessed as indicators of the harmonious relationships of nature, humans, and particular features of cognitive potential, aesthetic perception, and the formation of musical tastes. This may be considered as an argument in favor of the numerical nature of music being a relatively autonomous cognitive activity in the process of self-organization

* The research was carried out with support from the Russian Foundation of Basic Research (RFBR) according to research grant no. 19-011-00007a “The problem of synthesis of naturalism and sociocentrism in cognitive science: impact on epistemology and philosophy of science” (Bazhanov V.A.) and grant no. 19-011-00118a “Incorporation of ideas of neuroscience in the epistemology of art: genesis, cognitive foundations and significance for the philosophy of science” (Kraeva A. G.).

of mental systems, in the field of which the functional and structural patterns of the golden ratio play the role of the fundamental creative and hedonistic components. The article substantiates the correlative relationship between harmony and the golden ratio in the context of the search for factors of optimality for the functioning of physiological parameters of living systems. The nature of this relationship speaks in favor of the conceptual enrichment of methodology in the field of modern cognitive research, which is associated with a revision of the reductionist type of fundamental concepts and attitudes towards holism, the ratio of the intuitive and discursive components of the cognitive process.

Keywords: biocultural co-constructivism, sense of number, musicality, golden ratio, cognitive abilities, synchronization, resonance.

References

1. Feinberg, E.L. (1992), *Two cultures: intuition and logic in art and science*, Moscow: Nauka Publ. (In Russian)
2. Aliev, Yu. B. (1976), Musicality, in Keldysh, G.V. (ed.), *Muzykal'naiia entsiklopediia*, vol. 3, Moscow: Sovetskaia entsiklopediia, p. 789. (In Russian)
3. Krouglov, A.N. (2010), Transcendental interpretation of music, in *Al'ternativnye miry znaniia*, St. Petersburg, pp. 102–141. (In Russian)
4. Saffran, J.R. (2003), Musical learning and language development, *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 999(1), pp. 397–401.
5. Lany, J. and Saffran, J.R. (2010), From statistics to meanings: Infant acquisition of lexical categories, *Psychological Science*, vol. 21 (2), pp. 284–291.
6. Asaridou, S.S. and McQueen, J.M. (2013), Speech and music shape the listening brain: Evidence for shared domain-general mechanisms, *Frontiers in Psychology*, vol. 4, article 321. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00321>.
7. Chater, N. and Christiansen, M.H. (2010), Language evolution as cultural evolution: How language is shaped by the brain, *Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science*, vol. 1 (5), pp. 623–628. <https://doi.org/10.1002/wcs.85>.
8. Ravignani, A., Thompson, B. and Filippi, P. (2018), The evolution of musicality: What can be learned from language evolution research?, *Frontiers in Neuroscience*, vol. 12, article 20. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00020>.
9. Honing, H., Cate, ten C., Peretz, I. and Trehub, S.E. (2015), Without it no music: Cognition, biology and evolution of musicality, *Philosophical Transactions of Royal Society (B)*, vol. 370, article 20144088. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0088>.
10. Zatorre, R. (2005), Music, the food of neuroscience? *Nature*, vol. 434, pp. 312–315.
11. Tomatis, A. (1991), *The conscious ear: My life of transformation through listening*, Paris: Station Hill Press.
12. Mozgot, V.G. (2015), Musical imprinting as a factor in early manifestations of the artistic giftedness of the person, *Mir psikhologii*, no. 81 (1), pp. 176–185. (In Russian)
13. Kholopova, V.N. (1978), Rhythm, in Keldysh, G.V. (ed.), *Muzykal'naiia entsiklopediia*, vol. 4, Moscow: Sovetskaia entsiklopediia, pp. 657–666. (In Russian)
14. Dehaene, S. (2011), *The number sense: How the mind creates mathematics*, Oxford, NY: Oxford University Press.
15. Bazhanov, V.A. (2019), Numerical cognition in the context of cognitive research, *Voprosy filosofii*, no. 12, pp. 82–90. (In Russian)
16. Matyja, J.R. (2015), The next step: Mirror neurons, music, and mechanistic explanation, *Frontiers in Psychology*, vol. 8, article 409. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00409>.
17. Wu, D., Li, C.-Y. and De-Zhong, Y. (2009), Scale-free music of the brain, *PLoS One*, vol. 4 (6), article 5915. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005915>.
18. Stakhov, A.P. (2009), *The Mathematics of Harmony. From Euclid to Contemporary Mathematics and Computer Science*, New Jersey, London and Singapore: World Scientific.
19. Levitin, D., Chordia, P. and Menon, V. (2012), Musical rhythm spectra from Bach to Joplin obey 1/f power law, *PNAS*, vol. 109 (10), pp. 3716–3720. <https://doi.org/10.1073/pnas.1113828109>.
20. Bashwiner, D. (2018), The neuroscience of musical creativity, in Jung, R.E. and Vartanian, O. (eds), *The Cambridge Handbook of the Musical Creativity*, Cambridge: Cambridge University press, pp. 495–516.

21. Yu, Y., Romero, R. and Lee, T.S. (2005), Preference of sensory neural coding for 1/f signals, *Physical Review Letters*, vol. 94, pp. 108103-1–108103-4.
22. Freedberg, D. and Gallese, V. (2007), Motion, emotion and empathy in aesthetic experience, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 11 (5), pp. 197–203. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.02.003>.
23. Shevelev, I. Sh., Marutaev, M. A. and Shmelev, I. P. (1990), *GoldenRatio: three views on the nature of harmony*, Moscow: Strojizdat Publ. (In Russian)
24. Kant, I. (1994), *Critique of Judgment*, Moscow: Iskusstvo Publ. (In Russian)
25. Sventickij, I. I. (2007), *Energy saving in agriculture and energy extremity of self-organization*, Moscow: GNU VIESKH Publ. (In Russian)
26. Gen-Ir, U (2002), *Introduction to Far East (China, Korea, Japan) music*, Petrozavodsk: Izdatel'stvo Petrozavodskoi gosudarstvennoi konservatorii Publ. (In Russian)
27. Paderewski, I. J. (1909), Tempo Rubato, in H. T. Finck (ed.), *Success in music and how it is won*, New York: Charles Scribner's Sons, pp. 454–461.
28. Parncutt, R. (1987), The perception of pulse in musical rhythm, in Gabrielsson, N. A. (ed.), *Action and Perception in Rhythm and Music*, Stockholm: Royal Swedish Academy of Music, pp. 127–138.
29. Guedes, C. (2007), Translating dance movement into musical rhythm in real time: New possibilities for computer-mediated collaboration in interactive dance performance, *Proceedings of The International Computer Music Conference*, Copenhagen, Denmark, pp. 485–490.
30. MacDougall, H. G. and Moore, S. T. (2005), Marching to the beat of the same drummer: the spontaneous tempo of human locomotion, *Journal of Applied Physiology*, vol. 99, pp. 1164–1173.
31. Kovalev, F. V. (1989), *The Golden Ratio in painting*, Kiev: Vyscha shkola Publ. (In Russian)
32. Subbota, A. G. (1996), “Golden Ratio” (“Sectio aurea”) in the medicine, St. Petersburg: Izdatel'stvo VMA Publ. (In Russian)
33. Konen, V. (1975), *Foreign music etudes*, Moscow: Muzyka Publ. (In Russian)
34. Gend, R. van. (2014), The Fibonacci sequence and the Golden Ratio in music, *Notes on Number Theory and Discrete Mathematics*, vol. 20 (1), pp. 72–77.
35. Pletzer, B., Kerschbaum, H. and Klimesch, W. (2010), When frequencies never synchronize: The Golden mean and the resting EEG, *Brain Research*, vol. 1335, pp. 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.03.074>.
36. Klimesch, W. (2013), An algorithm for the EEG frequency architecture of consciousness and brain body coupling, *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 7, article 766. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00766>.
37. Bao, Y., Poppel, E., Wang, L. et al. (2015), Synchronization as a biological, psychological and social mechanism to create common time: A theoretical frame and a single case study, *Psychological China Journal*, vol. 4, pp. 243–254. <https://doi.org/10.1002/pchj.119>.
38. Bao, Y., Stosch, von A., Park, M. and Poppel, E. (2017), Complementarity as generative principle: A thought pattern for aesthetic appreciation and cognitive appraisals in general, *Frontiers in Psychology*, vol. 8, article 727. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00727>.
39. Silveira, S., Graupmann, V. et al. (2012), Matching reality in the arts: Self-referential neural processing of naturalistic compared to surrealist images, *Perception*, vol. 41 (5), pp. 569–576. <https://doi.org/10.1068/p7191>.
40. Siler, T.L. (2013), Neuro-impressions: Interpreting the nature of human creativity, *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 6, article 282. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00282>.

Received: April 13, 2020
Accepted: March 10, 2021

Authors' information:

Valentin A. Bazhanov — Dr. Sci. in Philosophy, Professor; vbazhanov@yandex.ru
Alexandra G. Kraeva — PhD in Philosophy, Associate Professor; kraevalex@list.ru