

# КОНЦЕПЦИЯ БАРИЦЕНТРА И КОМПЬЮТЕРНАЯ КОЛОРИМЕТРИЯ ЖИВОПИСНЫХ ОБРАЗОВ

Волошинов А. В., Фирстов В. В.

(Россия, Саратов)

*Авторы распространили механическую концепцию барицентра в цветовое пространство живописи. Цель работы – показать, что помимо принципа золотой пропорции, в онтологии красоты выделяется принцип архимедова рычага, и есть основания говорить о взаимодействии этих двух принципов. В работе исследуются цветные живописные образы, цветовое пространство которых рассматривается в рамках стандартной RGB-системы, представляющей цветовое пространство в виде трехмерных векторов. Затем это пространство анализируется с помощью специальной компьютерной программы, включающей подпрограмму «развесовки» цветовых векторов и подпрограмму определения координат колориметрического барицентра исследуемого живописного образа.*

**Введение.** Идея внутренних связей между математикой и искусством представляется весьма глубокой и обусловлена единством законов формообразования в природе и искусстве, которые имеют адекватное математическое выражение. Поэтому изучение проявлений математических закономерностей в искусстве является формой постижения самого искусства и, таким образом, становится важным средством образования, стимулирующим интерес к изучению математики.

Математический подход к пониманию природы красоты, восходящий к пифагорейцам, в современной интерпретации часто ассоциируется с представлениями синергетики, согласно которым эстетическое восприятие образа запускает определенный механизм самоорганизации функций

головного мозга [1, 2]. Фактически, в данном синергетическом подходе к пониманию красоты заложен антропный принцип, хотя известно [3], что, например, такой общепризнанный канон красоты, как золотая пропорция, может выступать в природных явлениях вне зависимости от нашего сознания.

В этой связи в понимании красоты авторы придерживаются пифагорейско-платоновской традиции, двигаясь от прекрасного для нас к прекрасному по природе, т.е. признавая объективный характер законов эстетики. Цель работы – показать, что, помимо принципа золотой пропорции, в живописи так же проявляется принцип архимедова рычага [4], и есть основания говорить о взаимодействии этих двух принципов при реализации эстетически значимых форм.

В подтверждение данного тезиса можно привести пример из физиологии человека. Принцип архимедова рычага, как известно [4], приводит к представлению о барицентре (или центре масс) системы материальных точек. У нормального человека барицентр находится в области пупа; в той же области располагается и точка, делящая человеческий рост в золотой пропорции.

Является ли это совпадение частным случаем или это общая закономерность эстетически значимых форм? В поисках ответа авторы распространили механическую концепцию барицентра в цветовое пространство живописных образов.

**Хронология теории цвета.** Судя по всему, необходимость такого обобщения концепции барицентра назрела давно и исторически обусловлена следующими физическими и математическими результатами:

1). В 60-х гг. XVII в. Исаак Ньютон с помощью призмы разложил белый свет в семь цветов радуги [5].

2). В 1827 г. немецкий математик А.Ф. Мёбиус установил [6, 7], что архимедова концепция барицентра равносильна введению проективной системы координат, используемой в построении живописных образов по законам перспективы. Таким образом, в полотнах Леонардо да Винчи и гравюрах Альбрехта Дюрера красота связывает воедино законы механики и геометрии.

3). Основоположники волновой оптики – О. Френель и Т. Юнг в своих работах начала XIX в. показали [5], что свет подчиняется принципу суперпозиции, который оказывается справедливым в широком диапазоне яркостей  $1 - 10^4$  лм/м<sup>2</sup>.

4). В 1756 г. М.В. Ломоносовым, а затем в 1802 г. Т. Юнгом выдвигается трехкомпонентная гипотеза цветового восприятия [5], которая блестяще подтверждается в опытах Г. Гельмгольца в 60-х гг. XIX в [8].

5). В 1853 г. немецкий математик Г. Грассман установил основные законы колориметрии, по которым любые четыре цвета линейно зависимы, и существует бесчисленное множество линейно независимых троек цветов [9].

6). В 1931 г. Международная комиссия по освещению (МКО) приняла трехцветную RGB-систему в качестве стандарта, уточненного в 1964 г. [9].

Приведенные результаты позволяют осуществить корректную математическую процедуру при обобщении концепции барицентра для колориметрического анализа живописных образов. Однако, перед тем как привести описание этой математической процедуры, рассмотрим более подробно саму концепцию барицентра.

**Концепция барицентра по Архимеду.** Представление о барицентре (или центре масс) системы материальных точек Архимед установил в сочинении «О равновесии плоских фигур», которое считается основополагающим в области статики [4]. Вместе с этим, у Архимеда при обосновании барицентра, основные понятия и определения довольно расплывчаты и мы попытаемся как-то компенсировать этот недостаток.

Основным понятием механики является представление о материальной точке, которое у Архимеда вообще отсутствует, хотя он им постоянно пользуется. В физике под материальной точкой понимается материальное тело, размерами которого можно пренебречь, по сравнению с расстояниями до других тел, рассматриваемых в задаче.

Математически корректно материальная точка определяется как обычная геометрическая точка, с которой

связано некоторое число  $m > 0$  и, таким образом, запись  $m(A)$  означает, что в точке  $A$  сосредоточена масса  $m$ .

Пусть  $m_1(A)$  и  $m_2(B)$  – две материальные точки пространства, расположенные на некотором расстоянии друг от друга. Условно соединим эти точки бесконечно тонким, абсолютно жестким и невесомым стержнем. В результате получим систему из двух материальных точек  $m_1(A)$  и  $m_2(B)$ , которую геометрически представим отрезком, соединяющим эти материальные точки. При этом система из двух точек  $m(A)$  и  $m_1(A)$  подразумевает одну материальную точку  $(m + m_1)(A)$ , а запись  $m(A) = m(B)$  подразумевает равенство масс и геометрическое совпадение точек  $A$  и  $B$ .

От данного определения системы из двух материальных точек легко перейти к определению системы из произвольного числа материальных точек. При этом в случае, когда система материальных точек представляет собой некий континуум в пространстве, можно говорить о твердом теле, рассматриваемом в классической механике.

Центральным пунктом барицентрического метода является представление о барицентре системы материальных точек. По Архимеду, «центром тяжести некоторого материального тела (системы материальных точек) является некоторая расположенная внутри него точка, обладающая тем свойством, что если за нее мысленно подвесить тяжелое тело, то оно остается в покое и сохраняет первоначальное положение» [4].

Очевидно, что данное Архимедом определение барицентра находится на уровне интуитивных представлений и математически некорректно. Более корректное определение барицентра следует из представлений теоретической механики. Именно, барицентром системы материальных точек называется точка приложения равнодействующей векторов сил тяжести материальных точек, входящих в данную систему. При этом предполагается, что векторы сил тяжести, действующие на материальные точки системы, сонаправлены.

Свойства барицентра Архимед описывает с помощью следующих трех аксиом:

A1. Всякая система материальных точек имеет барицентр, причем, единственный.

A2. Барицентр системы из двух материальных точек располагается на отрезке, соединяющем эти точки и его положение определяется правилом архимедова рычага.

A3. Положение барицентра системы материальных точек не изменится, если в этой системе выделить некоторые материальные точки и массы этих точек перенести в барицентр выделенной подсистемы материальных точек.

**Математическое представление концепции колориметрического барицентра и его компьютерная реализация.** Формально живописный образ может быть представлен в виде ограниченной области некоторой поверхности, называемой поверхностью изображения  $Im$ , с каждой точкой которой однозначно связан определенный цветовой оттенок, выраженный элементом цветового пространства  $F$ . Поверхность  $Im$  может быть сферической или более сложной, как это имеет место на глобусе или в купольной росписи, однако, часто,  $Im$  – это замкнутая область евклидовой плоскости, как это имеет место в станковой живописи. Последний случай для  $Im$  и является предметом рассмотрения. Что касается пространства  $F$ , то здесь распространены два случая: либо изображение черно-белое, как это имеет место, например, на гравюрах или литографиях, либо цветное, что характерно для портрета или пейзажа.

Таким образом, формально живописный образ реализуется некоторым подмножеством декартова произведения  $Im \times F$ , которое формализует смысловое пространство рассматриваемого образа и является объектом восприятия.

Концепция колориметрического барицентра предусматривает построение отображения

$$Im \times F \rightarrow G, \quad (1)$$

по которому каждой точке живописного образа, в зависимости от ее цвета, однозначно, по определенному правилу, ставится в соответствие некоторое неотрицательное число из множества  $G$ , которое рассматривается в виде «колориметрической» массы данной точки. Отображение (1) позволяет получить структурно-

колориметрический спектр рассматриваемого живописного произведения и затем определить его колориметрический барицентр, с которым могут быть связаны композиционные особенности рассматриваемого произведения.

В работе исследуются цветные живописные образы, у которых цветовое пространство  $F$  рассматривается в рамках стандартной RGB-системы, представляющей цветовое пространство в виде трехмерных векторов. Это пространство анализируется с помощью специальной компьютерной программы, включающей подпрограмму «развесовки» цветовых векторов и подпрограмму определения координат колориметрического барицентра исследуемого живописного образа.

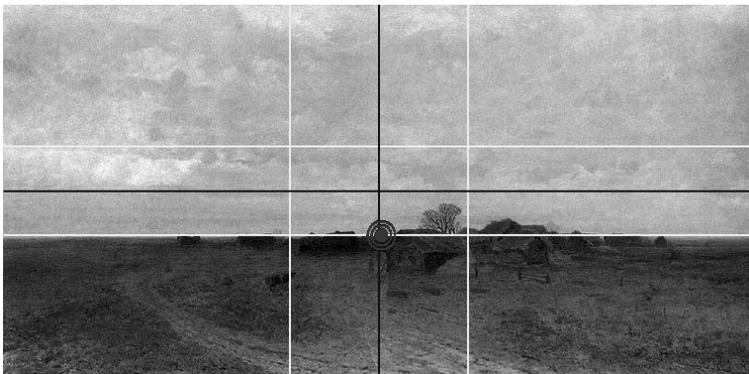
**Обсуждение результатов барицентрического исследования некоторых живописных образов.** Таким способом проанализировано 74 художественных произведения различных живописных школы и направления. Среди них пейзажная живопись И.И. Левитана и А.И. Куинджи (11 и 5 полотен), а также разнообразная тибетская тематика Н.К. и С.Н. Рерихов (22 и 36 работ). Для данных живописных образов наблюдаются следующие закономерности в расположении колориметрического барицентра:

1). В 50 случаях из 74 положение барицентра коррелирует с одной из линий золотого сечения живописного образа (отклонения не превышают 10 %). В частности:

а). Чаще всего (в 46 случаях) барицентр располагается на горизонтальной линии золотого сечения ниже горизонтальной оси симметрии по вертикали картины и, в зависимости от развития сюжетной линии данного образа, находится вблизи или прямо на вертикальной оси симметрии. Напрашивается аналогия с физическим маятником, который при таком расположении барицентра описывается малыми затухающими колебаниями относительно вертикальной оси.

б). Если на полотне очерчена линия горизонта, то она, как правило, совпадает с линией золотого сечения и проходит через барицентр (рис. 1). Однако, если линия горизонта не совпадает с

линией золотого сечения, барицентр все равно оказывается на линии горизонта (рис. 2).



**Рис. 1.** Куинджи А.И. Забытая деревня. 1874

в). В трех случаях барицентр располагается на вертикальной линии золотого сечения вблизи горизонтальной оси симметрии картины, что объясняется развитием сюжетной линии образа в продольном направлении.

г). Имеется случай, когда барицентр находится вблизи горизонтальной линии золотого сечения выше горизонтальной оси симметрии картины. Такое расположение барицентра, по-видимому, объясняется особенностями портретной композиции, когда привязка осуществляется не только к размерам картины, но и к характерным размерам изображенного человека, образующего основное ядро смыслового пространства.

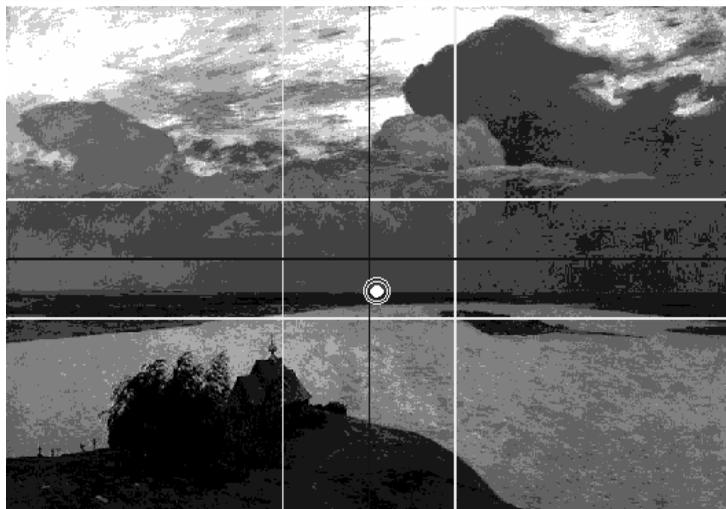


Рис. 2. Левитан И.И. Над вечным покоем. 1894

2). В 18 случаях барицентр оказался вблизи геометрического центра (точки пересечения диагоналей) полотна картины и здесь трактовка зависит от целей, которые преследовали авторы при создании образа:

а). Для пейзажей Левитана и Куинджи (2 и 2 полотна) эти случаи характеризуются моносюжетными смысловыми пространствами. По сути, это некие снимки, запечатлевшие отдельные статические моменты состояния природы, в которые сами авторы не вносили никаких элементов художественной композиции (рис. 3).

б). В живописи Рерихов такое положение барицентра, возможно, объясняется корреляцией с золотой пропорцией между характерными точками живописного образа.

3). В 6 картинах Рерихов корреляция между барицентром и золотым сечением выражена слабо. Этим случаям соответствуют работы, выполненные в более авангардной манере (в основном у Святослава).

Подводя итог, можно отметить, что в целом выдвинутая гипотеза о взаимодействии принципов золотого сечения и

архимедова рычага, в рамках рассмотренного живописного материала, подтверждается в 64 случаях из 74 и такой результат вселяет достаточно оптимизма для продолжения и углубления такого рода исследований.



Рис. 3. Куинджи А.И.  
Березовая роща. 1901

**Список литературы:**

1. Бычков В.В. Эстетика. – М., Гардарики, 2004. – 556 с.
2. Браже Р.А. Синергетика и творчество. – Ульяновск, 2002. – 204 с.
3. Волошинов. А.В. Математика и искусство. – М., Просвещение, 2000. – 399 с.
4. Архимед. Сочинения. Под ред. И.Н. Веселовского. – М., Физматгиз, 1962. – 640 с.
5. Творцы физической оптики. Сб. статей. – М., Наука, 1973. – 352 с.
6. Möbius A.F. Der barycentrische Calcul. Gesammelte Werke, Bd. 1. – Leipzig, 1885.

7. Балк М.Б., Болтянский В.Г. Геометрия масс. – М., Наука, 1987. – 160 с.
8. Лазарев П.П. Гельмгольц. – М., Изд-во АН СССР, 1959. – 104 с.
9. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. – М., Мир, 1978. – 592 с.

## **CONCEPT OF BARYCENTER AND PICTORIAL IMAGES COMPUTER COLORIMETRY**

**Voloshinov A., Firstov V.**

(Russia, Saratov)

*The authors applied mechanical concept of barycenter to color space of painting. We focused our attention on the correlation between golden section principle and Archimedian lever principle in the ontology of beauty. Colored pictorial images, which is analyzed with the help of RGB system representing colored space as 3-dimensional vectors, were considered. Then this space is analyzed by means of computer program with “color vectors weighing” subprogram and coordinate determination subprogram for the investigation of pictorial image colorimetric barycenter.*