

А.Ю. Годованец

## Свето-пространственная композиция Софии Константинопольской и позднеантичная наука о свете

В недавних исследованиях была сделана попытка показать, что свето-пространственная композиция является одним из важнейших, если не главным элементом всего замысла храма Св. Софии Константинопольской<sup>1</sup>. И тексты византийских экфрасисов, и выводы исследований, и непосредственные впечатления от пространства храма сегодня — все это позволяет говорить о доминирующей роли света в самой архитектурной структуре Св. Софии<sup>2</sup>. Система окон, лучей и освещенных пространств может быть воспринята как своеобразный световой «каркас», на который «надета» каменная оболочка здания<sup>3</sup>. Именно свет представляется нам основой, главным инструментом создания пространства и, одновременно, высшей целью этого создания.

Напомним, что анализ реконструкций пространства храма в его первоначальном виде позволил выявить некоторые важнейшие элементы и структурные принципы свето-пространственной композиции, такие как сочетание нескольких иерархических последовательностей, наложенных друг на друга и образующих сложное динамическое единство, отсылающее к платиновским образам космоса, конституированного светом, и христианской «небесной иерархии». Как было показано, проектирование сводов и оконных отверстий здания должно было основываться на сложных оптических и геометрических принципах, математическом расчете. Так, например, реконструируемый первый купол Св. Софии задумывался как идеальная оптическая система. Можно даже предположить, что в жертву теоретическим оптико-геометрическим расчетам были принесены практические архитектурные соображения, вследствие чего первый купол и обвалился. Более плоский первоначальный купол получал и генерировал более интенсивное и равномерное освещение за счет кривизны поверхности купола, а также соотношения ее площади и суммарной площади оконных проемов<sup>4</sup>. Вследствие этого также возникало впечатление парения купола, эффект «облака» отраженного света, будто бы рожденного в самом пространстве церкви. Задачей лучшего освещения храма в течение дня и всего года продиктована и продуманная ориентация продольной оси храма с учетом движения солнца, определяющая также и световые эффекты апсиды.

Следовательно, расчет кривизны поверхностей во внутреннем пространстве храма, выбор ориентации постройки и геометрии оконных проемов, изобретательное сочетание пространственных зон с различными световыми характеристиками, образующее композицион-

ное целое, идеальное с точки зрения максимального получения солнечного света и устройства системы световых эффектов, — все это должно было отвечать астрономическим и оптическим знаниям VI в.

Без сомнения место, которое занимал свет как категория в сознании создателей храма и их современников, было первостепенным. Но вынужденно оставляя за рамками данной статьи вопрос о смысловом содержании и философско-богословской интерпретации свето-пространственной композиции, обратимся к вопросу о том, какие интеллектуальные и научно-технические условия сделали возможным замысел и создание сложной системы света Св. Софии, и имели ли ее создатели достаточный теоретический и архитектурно-технический инструментарий.

## Византийский архитектор и позднеантичная астрономическая традиция

Как показывают исследования источников, ранневизантийские зодчие, известные, в том числе, как «механики» (μηχανοποιός), должны были получать всестороннее образование по меркам своего времени<sup>5</sup>. В данном контексте разница между поздней античностью и юстиниановским временем не столь значительна. За плечами византийских архитекторов, без сомнения, стояла развитая античная научная и техническая традиция.

Уже Витрувий в трактате «Об Архитектуре» указывает на необходимость для архитектора быть сведущим в математических науках, особенно в таких, как арифметика, геометрия, астрономия, оптика<sup>6</sup>. Более того, книгу IX своего трактата он посвящает астрономии и вопросам расчета времени, подчеркивая роль этой дисциплины для архитектуры. В целом трактат Витрувия служит подтверждением существования широкого и многостороннего архитектурного образования, а также, наличия развитых и артикулированных архитектурных принципов в античности. Для нас же важнее всего проследить, насколько полно позднеантичные математические дисциплины, связанные со светом, были наследованы византийцами и доступны юстиниановским архитекторам. И, конечно, в первую очередь астрономия и оптика<sup>7</sup>.

Можно сказать, что, в отличие от латинского Запада, в таких связанных с Константинополем центрах, как Афины и Александрия, в V–VI вв. процветали астрономические знания. Одной из причин престижа астрономии было идущее от Платона представление, что астрономия (не астрологическая, но математически абстрактная) может не только служить познанию природы, но и быть инструментом постижения истины, доступной лишь разуму<sup>8</sup>.

В том же ключе Клавдий Птолемей, автор одного из самых влиятельных астрономических трактатов античности «Альмагест» (138–161 гг.), следуя аристотелевскому делению теоретических наук на физику, математику и теологию, подчеркивал, что именно математика (включающая математическую астрономию) «занимается исследованием вечных и неизменных предметов»<sup>9</sup>. Математика, по Птоле-мею, помогая теологии, служит постижению божественного. Это

вполне вписывается в платоновскую традицию предпочтения теоретических знаний практическим.

С течением времени эта линия начинает уступать место другой. Как мы знаем, важнейшей причиной сохранения научных знаний после падения римской империи была практическая необходимость точных расчетов для нужд навигации, географии, военного дела, календарного измерения времени<sup>10</sup>. Так и в текстах философов наблюдается все большая роль прикладной пользы в оценке наук. Момент перехода фиксируется у Прокла, который в одном и том же трактате говорит о превосходстве, например, теоретической астрономии над навигационной,<sup>11</sup> но далее в другом месте подчеркивает, как практические дисциплины — геодезия, механика, оптика «благотворно влияют на жизнь смертных»<sup>12</sup>. В самой науке такое «практическое» направление, востребованное в Византии, можно проследить еще от Герона Александрийского (I в.). В.П. Зубов даже называет это направление «героновской традицией», отмечая в дошедших до нас списках трактатов ученого многочисленные вставки византийского времени, которые можно отследить на уровне языка<sup>13</sup>.

Для архитектурной теории прикладные значения астрономии очевидны. Показателен тот же Витрувий, для которого математическая астрономия важна, чтобы определять стороны света, «приобретать понятия о небе, равноденствии, солнцестоянии, движении звезд»<sup>14</sup>. Все эти знания могут и должны быть применены архитектором для обеспечения правильного освещения и температуры в различных помещениях, в соответствии с их функциями<sup>15</sup>. Витрувия интересуют и связанные с астрономией вопросы ориентации храмов. Указывается, что храм должен быть повернут на запад. Это означало устройство храмового входа с западной стороны, «чтобы взоры приходящих к алтарю для жертвоприношений или совершения богослужения обращены были к восточной части неба и к находящемуся в храме изваянию, и таким образом дающие обеты созерцали храм и восток неба...»<sup>16</sup>.

Как указывают исследователи, позднеантичная астрономическая традиция, была, по преимуществу, птолемеевской<sup>17</sup>. Созданные в середине II в. Альмагест и так называемые «Подручные таблицы» Птолемея становятся общепотребительным учебным стандартом к VI в., когда их комментируют крупнейшие александрийские математики Папп и Теон. Краткое изложение «Альмагеста» содержится в «Обзоре» Прокла. Так или иначе, трактаты Птолемея сохраняют влияние на протяжении всего средневековья (включая Запад и исламский Восток)<sup>18</sup>.

К юстиниановскому времени прямая линия этой астрономической традиции может быть проведена от Прокла и его ученика Аммония к Олимпиодору, Дамаскию, Симпликию. Этот ряд крупнейших ранневизантийских ученых-неоплатоников можно завершить Евтокием Аскалонским, который, по-видимому, в первой половине VI в. был главой неоплатонической школы Александрии. Евтокий особенно важен для нас, так как его биография связывается с биографиями героев нашего исследования — Анфимия из Тралл и Исидора из Милета. Известно, что свои комментарии к трактату Апполония о конических се-

чениях Евтокий посвящает «любезному другу» Анфимию<sup>19</sup>. Одновременно до нас дошли комментарии Евтокия к Архимеду, в которых указывается редакция Исидора, «великого учителя нашего». На основании этого долго считалось, что Исидор был учителем Евтокия<sup>20</sup>. Однако, если, судя по обращению к Анфимию, последний мог быть ровесником или даже младшим товарищем ученого, возникает противоречие. Анфимий не мог оказаться младше Исидора. Существуют даже основания полагать подчиненное положение Исидора по отношению к Анфимию<sup>21</sup>.

В.П. Зубов указывает на решение этой проблемы, предложенное П. Таннери: по видимому, об «учителе Исидоре» пишет не Евтокий, а другой человек, в последующее время бывший учеником Исидора и издателем сочинения Евтокия<sup>22</sup>.

Примечательна еще одна вставка в сочинение Евтокия: «Парабола вычерчивается при помощи *диабеты* (редко употребляемое слово, по-видимому, чертежный инструмент. — АЛ), изобретенной милетским механиком Исидором, великим учителем нашим, и описанной им в комментарии, который он составил к сочинению Герона “О сводах”». Сам трактат Герона и комментарии к нему не сохранились. Исидор, по мнению В. Зубова, строитель, ученый героновского типа, ориентированный на практику, изобретатель практических приемов и инструментов. Трактат «О сводах» был наиболее практическим сочинением Герона, а комментарий Исидора вдохновлен именно архитектурным опытом Исидора. Можно предположить, что Исидор стал основателем своей математической школы в Константинополе. То, что он действительно был редактором Евтокия, не вызывает сомнений.<sup>23</sup>

Таким образом, хорошо прослеживаются все звенья в цепи традиции, ведущей от основоположников позднеантичной науки к византийским архитекторам VI в. Все это позволяет утверждать, что Анфимий и Исидор были хорошо знакомы с основами птолемеевской математической астрономии.

Одна из практических возможностей применения этого круга знаний отмечается Н. Шибиль. В начале «Альмагеста» Птолемей приводит собственные доказательства так называемой «теоремы Менелая», на основе которой строит развернутую математическую модель для определения положения солнца относительно наблюдателя в различное время для различных географических широт. По мнению исследовательницы, есть все основания полагать, что именно эта модель была использована при расчетах ориентации храма Св. Софии<sup>24</sup>.

## Византийский архитектор и позднеантичная оптика

Зрение занимает важнейшее место в византийской иерархии чувств. Недаром Иоанн Дамаскин, рассуждая о чувствах в трактате «Точное изложение православной веры», упоминает зрение первым<sup>25</sup>. Тексты отцов Церкви обнаруживают особый интерес к зрительному восприятию как средству познания истины.

Как отмечает В.М. Рожнятовский, характерно, что по «отеческому преданию», и пророки, и мистики, и учителя Церкви большую часть информации получали именно в виде «зрительных образов» и лишь затем эту информацию в понятийной форме<sup>26</sup>. Более того, у Григория Нисского мы находим рассуждение о том, что само слово «божество» связано с понятием зрения, с наделением Бога прежде всего созерцательной способностью<sup>27</sup>.

Василий Великий (IV в.) пишет в «Толковании на пророка Исайю»: «Из чувственных наших органов самое ясное представление об ощущаемом имеет зрение».<sup>28</sup> В его же «Беседах на Шестоднев» содержится немало мест, поясняющих современные ему представления о процессе зрения<sup>29</sup>. Интересна также формулировка одного из защитников иконопочитания Никифора Константинопольского: «Часто, что ум не схватывает с помощью выслушанных слов, зрение, воспринимая не ложно, растолковывает яснее»<sup>30</sup>.

При этом зрение, разумеется, не переставало рассматриваться как человеческое чувство, которое легко может быть обмануто, как активная (и едва ли не материальная) форма человеческой деятельности — может оказаться подверженной усталости, слабости, деформации. Например, Василий Великий пишет: «Ты не обманывайся видимостью, и из того, что солнце для смотрящих представляется величиною в локоть, не заключай, что такова действительная его величина. Ибо на больших расстояниях величина видимых предметов обыкновенно сокращается, потому что сила зрения оказывается недостаточною пробегать разделяющее пространство, но как бы поглощается средою и только малую свою частью *приражается* к видимым предметам»<sup>31</sup>. Именно процесс того, как, в византийском понимании, зрение «приражается к видимым предметам», стоит рассмотреть особо.

Как и во многом другом, в вопросах оптики и представлениях о физиологии зрения Византия наследует античной традиции<sup>32</sup>. Важно понимать, что древняя концепция зрения существенно отличалась от современной и привычной для нас. Античная оптика была основана на представлении о так называемых «зрительных лучах» или «потоках». Зрение определялось как исхождение некоего луча из центра глаза<sup>33</sup>.

Прекрасным материалом для исследователей византийской визуальности послужила 17-я Гомилия (или Слово) патриарха Фотия<sup>34</sup>. Так, Фотий говорит, что в сравнении со слухом «не меньшей, если не большей силой обладает зрение, ибо именно оно, посредством изливания и истечения оптических лучей как бы ощупывая и охватывая видимый предмет, образ увиденного посылает разуму, позволяя перенести его оттуда в память для неуклонного накопления знания»<sup>35</sup>. По мнению К. Манго, слова Фотия о зрительных лучах отсылают к Платону («Государство», «Тимей») и другим античным авторам<sup>36</sup>.

В. Василек отмечает, что если платоновская концепция в качестве условий зрения предполагает, помимо направленного на объект зрительно потока (луча), еще два: световые истечения от вещей и дневной свет, у Фотия из трех этих составляющих присутствует только одно — изливание оптических лучей. По мнению исследователя, подобная осо-

бенность отсылает к произведениям Эмпедокла. По Р. Нельсону, Фотий также использует теорию Эвклида, поясняющую исхождение зрительных лучей в виде прямых линий, а также, говоря, что линии образуют форму конуса, чья вершина или опорная точка есть глаз. С другой стороны, глаз здесь — активный агент зрения. Для Эвклида глаз — это геометрическая точка<sup>37</sup>.

Для нас здесь важны три момента. Во-первых, общее подтверждение неразрывной традиции, соединяющей византийские оптические представления с античными. Во-вторых, представление об «ощупывании и охватывании» предмета зрения «зрительным потоком», которое дает, например, Р. Нельсону право говорить о «тактильном» или «осязательном» характере зрения в понимании византийцев<sup>38</sup>. И, в-третьих, в связи с вопросом о научной традиции и ее применении в архитектуре, центральной для нас является проблема собственно оптических, то есть геометрических представлений о зрении.

Важно проследить, что хотя греки и различали «зрительный луч» и луч солнца, геометрическая аналогия между ними сохраняется. Уже на рубеже IV и III вв. до н.э. у Евклида мы находим одну из самых ранних формулировок в научном трактате двух фундаментальных идей: 1) зрение происходит посредством лучей; 2) эти лучи исходят по прямой линии из глаза<sup>39</sup>.

Один из списков «Оптики» Евклида, датированный X в. (Vatican Codex MS. Vat. Gr. 204), содержит анонимное предисловие, представляющее собой нечто вроде конспекта лекции о теории оптических лучей. В частности, в ней говорится, что Евклид основывал свои замечания на наблюдениях за тенями и лучами. Интересное замечание, в свете вопроса об экспериментальной базе и практике световых эффектов. Лекция приписывается Теону Александрийскому<sup>40</sup>. Если эта атрибуция верна, то в IV веке в математической литературе уже существовало четкое представление об одинаковой геометрии движения «зрительного луча» и солнечного света.

Наконец, Дамиан из Лариссы в своей «Оптике» пишет, что зрение — не что иное, как форма света, и ассоциирует его свойства со свойствами солнечного луча<sup>41</sup>. Оба луча идут по прямой линии, могут проходить через одинаковые вещества, оба отражаются от поверхности под углом, равным углу падения. Оба, отражаясь от цветной поверхности или проходя через цветной материал, окрашиваются в его цвет. Трактат показывает, что зрительный луч, как и свет, были в это время предметом теоретических расчетов. Формулировки Дамиана, по сути, обобщают материал таких трактатов как «Оптика» Птолемея, «Катоπτрика» Герона, прежде всего «Оптика» Евклида (в изложении Теона), «Катоπτрика» Псевдо-Евклида (возможно, за авторством того же Теона; наряду с трактатом Евклида, один из самых влиятельных текстов античной оптики)<sup>42</sup>. Если принять позднюю датировку, предложенную У. Кнорром, то эклектичный трактат Дамиана демонстрирует известность и актуальность всего этого научного наследия для VI в.

С точки зрения наших задач интересен также вопрос о том, рассматривались ли греческими учеными возможности практического ис-

пользования геометрических познаний о свойствах света. Так, важные сведения о практическом применении теории лучей дает Герон. Его «Катоптрика» посвящена, в первую очередь вопросам расположения зеркал для достижения визуальных эффектов. По словам самого Герона, эти эффекты служат для развлечения, но иногда и неким *opportunitates neccesaries* (служебным задачам)<sup>43</sup>.

У Герона же мы читаем, что зрительный луч выбирает наиболее короткий путь отражения, угол которого равен углу падения на поверхность, неважно, ровную или криволинейную. Идея «кратчайшего пути» опирается на представление о бесконечной скорости луча, которая обеспечивает быстроту зрения. Раз луч движется с максимально возможной скоростью, значит, он выбирает наиболее прямой и короткий путь. Эта теория близка к теории Евклида, но у Герона она представлена в более практическом ключе. Можно сказать, что в науке того времени сосуществуют два противоположных течения — «платоническое» (идеалистическое) и «героновское» (ориентированное на практику). Оба эти течения, похоже, оказали влияние на «механиков» Св. Софии, обретя в постройке уникальный синтез.<sup>44</sup>

Однако если в текстах Евклида и Герона разговор о лучах не выходит за рамки чисто геометрических построений, то Птолемей в своей «Оптике» уже приближается к вопросам, связанным с человеческим восприятием света во времени и пространстве<sup>45</sup>. В книге II «Оптики» Птолемея формулируется идея, которая уже отмечалась у Платона, но в целом редко фиксировалась для того времени, — о необходимости либо внешнего, либо внутреннего освещения, для того чтобы предмет был хорошо различим. Это интересно, конечно, не как «открытие», а как проявление внимания ученого к вопросам среды.

Особенно интересны его мысли о роли света и цвета для человеческого зрения. Первичным свойством для восприятия предметов для Птолемея был цвет. Зрение, по словам ученого, определяет формы и размеры предмета при помощи различения границ его цвета<sup>46</sup>. Отсюда способность лучше различать предметы на фоне чего-то контрастного им по цвету<sup>47</sup>.

## Архитектор-ученый

Корпус античной теории, включающий перечисленные фундаментальные представления о свете и зрении, дошел до византийских времен через комментарии таких позднеантичных ученых, как Папп, Теон, затем Евтокий. Как уже говорилось выше, архитекторы Св. Софии были хорошо знакомы с их работами. Более того, они сами были известными математиками. Исидор редактировал работы Евтокия, преподавал. Известность Анфимия как математика была столь широка, что ссылки на него обнаруживаются вплоть до позднего средневековья (в том числе в трудах западноевропейских и арабских математиков)<sup>48</sup>. Но венцом всех прослеженных нами линий позднеантичной оптической традиции в ее соотношении с практикой для нас является собственное научное творчество Анфимия.

Фрагменты его исследований дошли до нас в виде трактата «Пері

παραδόξων μηχανμάτων» («Об удивительных машинах»)<sup>49</sup>. Здесь Анфимий разрабатывает методы того, как с помощью зеркал направлять свет в определенную точку: «Требуется заставить луч солнца падать на данное место, не сдвигаясь в любое время дня или года»<sup>50</sup>. По устоявшемуся мнению, задачей теоретических разработок в трактате являлся поиск такого положения и формы зеркал, чтобы они собирали солнечные лучи и вызывали возгорание. Но можно смотреть на цели трактата шире, предполагая в целом практическое использование отражательных поверхностей и в том числе, возможно, в архитектуре. Как показал И. Потамианос, геометрические принципы, найденные в трактате Анфимия, скорее всего, были использованы в проектировании первоначального купола Св. Софии<sup>51</sup>.

Таким образом, в ранневизантийское время мы сталкиваемся с замечательным явлением, которое можно назвать «архитектор-ученый». Помимо самого процесса передачи научных знаний прослеживается и идущая из античности традиция воспитания архитектора, как универсального специалиста. Отвечая витрувианскому идеалу, такой зодчий должен был быть всесторонне образован, и особенно глубоко (на уровне исследователя-теоретика) изучить математические дисциплины, связанные с его архитектурной практикой. В частности, его познания в геометрии, астрономии, оптике соответствовали самым высоким стандартам эпохи.

Как отмечают некоторые исследователи, «архитектор-ученый» — явление характерное именно для ранней Византии, и в дальнейшем оно постепенно утрачивается.<sup>52</sup> С этим можно не соглашаться полностью. В ранневизантийский период архитектор получал (или, по крайней мере, мог получить) греческие и эллинистические научные сведения, наследуя античные подходы и методы. Но и в более поздние периоды он мог иметь к ним доступ. Так, В.М. Рожнятовский показал на примере древнерусского храма существование сложных геометрических и астрономических расчетов устройства световых эффектов в средневизантийское время.<sup>53</sup> Важно, что это явление (архитектор-ученый) позволяет перебросить мостик из VI в. к позднеантичному научному знанию и архитектурным традициям, связанным со светом.

Итак, мы видим, что византийский архитектор располагал достаточными знаниями для создания сложных систем организации освещения и световых эффектов.

Представляется весьма закономерным решение Юстиниана привлечь к работе именно ученого-оптика. Нам кажется очевидным, что именно световая составляющая храмового пространства, тщательно разработанная в Св. Софии, входила в число приоритетов в грандиозном замысле императора.

Создание сложных эффектов в пространстве Св. Софии не только не было технически недостижимым и «случайным» природным эффектом, а posteriori нагруженным богословскими интерпретациями, но базировалось на целой научно-технической традиции, системе знаний и технических приемов, которые в руках великих зодчих становятся инструментами создания образа и передачи смысла.

Alexander Godovanets  
(Moscow)

## The Space of Hagia Sophia and the Late Antique Science of Light

Recently an attempt was made to prove that the composition of light in space was a crucial component of the entire initial design of Justinian's Hagia Sophia in Constantinople. There's no doubt that the Light was a central notion for the Byzantines. But was it possible for the VI-th century architects to manipulate light in terms of their theoretical background and the current state of architectural practice?

In order to answer this question it is worth trying to trace the development of the late antique scientific tradition back to its sources. We can draw the line going through out the history of Alexandrian school of astronomy and optics from Heron and Ptolemy to Papp, Theon, Proclus, Ammonius, Olympiodorus, Damascius, Simplicius to Eutocius of Ascalon. And the latter name was directly connected with the names of Anthemius of Tralles and Isidorus of Miletus, the famous builders of Hagia Sophia.

Moreover it is widely known that each of them chose the subject of light reflection for their own research work. The only survived treatise by Anthemius touches upon certain geometrical and optical problems that correspond with the geometrical and optical conditions of the Hagia Sophia's first dome. Anthemius and Isidorus both represent a specific kind of «architects-scientists» specialising in optical theory. Thus Justinian's choice of architects can be perfectly explained by the primary role of light in the whole architectural intention of the Great Church.

- 1 *Годованец А.Ю.* Иерархия света в пространственной иконе Софии Константинопольской // Пространственные иконы. Текстуальное и перформативное. Материалы международного симпозиума / Под ред. А.М. Лидова) М.: Индрик, 2009. С. 40–47; *Годованец А.Ю.* Икона из света в пространстве Св. Софии Константинопольской // Пространственные иконы. Перформативное в Византии и Древней Руси / (Под ред. А.М. Лидова. М.: Индрик, 2011. С. 119–137.
- 2 *Fobelli M. L.* Luce e luci nella Megale Ekklesia // *Fobelli M. L.* Un tempio per Giustiniano: Santa Sofia di Costantinopoli e la Descrizione di Paolo Silenzario. Roma, 2005; *Potamianos I.* Light into Architecture. Evocative Aspects of Natural Light as Related to Liturgy. PhD (Architecture) Dissertation. The University of Michigan, 1996; *Schibille N.* The Use of Light in the Church of Hagia Sophia in Constantinople: The Church Reconsidered // Current Work in Architectural History, papers read at the annual symposium of the Society of Architectural Historians of Great Britain, 2004; *Schibille N.* Astronomical and Optical Principles in the Architecture of Hagia Sophia in Constantinople // Science in Context, 22, 2009; *Рожнятовский В.М.* Дневное освещение как самостоятельный элемент декорации древнерусского храма. Диссертация НИИ Теории и истории изобразительных искусств РАХ, 2007.
- 3 *Годованец А.Ю.* Иерархия света в пространственной иконе Софии Константинопольской // Пространственные иконы. Текстуальное и перформативное. Материалы международного симпозиума. М.: Индрик,

2009. С. 42
- 4 *Potamianos I.* Op.cit.; *Schibille N.* Op.cit.
  - 5 *Downey G.* Byzantine Architects: Their Training and Methode // *Byzantion.* 1946–1948. Т. XVIII. P. 99–118, 288; *Schibille N.* Astronomical and Optical Principles in the Architecture of Hagia Sophia in Constantinople // *Science in Context*, 22, 2009. P. 27–46; *Ousterhout R.* Master Builders of Byzantium, Princeton University Press, 1999; London, 1976; *Зубов В.П.* Труды по истории и теории архитектуры. М.: Искусствознание, 2000. См. также *Huxley G. L.* Anthemius of Tralles: a Study in Later Greek Geometry. Cambridge Mass., 1959; *Warren J.* Greek Mathematics and the Architects of Justinian. Также краткий обзор публикаций по визуальности и оптической теории в Византии см. *Nelson R. S.* *To say and to see. Ekphrasis and vision in Byzantium // Visuality before and beyond the Renaissance. See as Others Saw.* — Ed. Robert S. Nelson. Cambridge University Press, 2000. P. 149.
  - 6 *Витрувий.* I, 1, 4; IX (целиком).
  - 7 См. *Downey G.* Op. cit.; *Downey G.* Pappus of Alexandria on Architectural Studies // *Isis*, 38. 1948. P. 197–200.
  - 8 Платон, Государство, VII.
  - 9 *Птолемей Клавдий,* Альмагест или математическое сочинение в тринадцати книгах. М.: Наука, 1998, I, 1.
  - 10 *Neugebauer O.* The History of Ancient Astronomy: Problems and Methods // *Journal of Near Eastern Studies*, 4, 1945. P. 1–38; *Potamianos I.* Op. cit.; *Зубов В. П.* Указ. соч.; *Schibille N.* Op.cit.
  - 11 *Прокл.* Комментарий к первой книге «Начал» Евклида / Пер. с греч. и комментарий. Ю.А. Шичалина. М., 1994. С. 89.
  - 12 Там же. С. 159–160.
  - 13 *Зубов В. П.* Указ. соч. С. 32.
  - 14 *Витрувий.* I, 1, 10.
  - 15 *Витрувий.* I. 2. 7; 6.4; VI. 6. 4–6.
  - 16 *Витрувий.* IV. 5. 1. О древней традиции ориентации храмов на восток см. *Mango C.* Sources... P. 24–25; *Klembauer W. E.* Pre-Carolingian Concepts of Architectural Planning // *The Medieval Mediterranean: Cross-Cultural Contacts*, ed. M. J. Chiat and K. L. Reyerson. St. Cloud, Minnesota, 1988. P. 67–79 (P. 72); *Dinsmoor W. B.* Archaeology and Astronomy // *Proceedings of the American Philosophical Society*, 80, 1939. P. 95–173.
  - 17 *Schibille N.* Op. cit. P. 27–46.
  - 18 Ibid.
  - 19 *Зубов В.П.* Указ. соч. С. 30.
  - 20 *Schibille N.* Op. cit.; *Cameron A.* Isidor of Milethus and Hypatia: on the Editing of Mathematical Texts // *Greek, Roman and Byzantine Studies*, 31, 1990. P. 103–127. *Potamianos I.* Op. cit. 1996, 118.
  - 21 *Зубов В.П.* Указ. соч. С. 29.
  - 22 Там же. С. 30–31.
  - 23 *Cameron A.* Op. cit.
  - 24 См. *Schibille N.* Op. cit.
  - 25 *Св. Иоанн Дамаскин.* Точное изложение православной веры. М., 1992. Глава 18.
  - 26 См. *Рожнятовский В. М.* Указ. соч. С. 46.
  - 27 Там же; *Бычков В. В.* Образ как категория византийской эстетики // *Византийский временник*. М., 1972. Т. 34. С. 157.
  - 28 *Василий Великий.* Толкование на пророка Исаию // *Творения ... Василия Великого ...* Спб.: изд-во П.П. Сойкина, 1911. Т. 1. С. 220–267.
  - 29 *Василий Великий.* Беседы на шестоднев // *Творения иже во святых отца нашего Василия Великого, Архиепископа Кесарии Каппадокийския.* Ч.1. М., 1891.
  - 30 *Migne J.P.* *Patrologiae cursus completus, seria latina*, T.1, Paris, 1844–1856, 30, 133 А. Цит. по: *Шестаков В.П.* Очерки по истории эстетики. М., 1979.
  - 31 *Василий Великий.* Указ. соч. Беседа 6. Курсив наш — А. Г.
  - 32 *Рудаков А.П.* Очерки византийской культуры по данным греческой агно-

- графии. М., 1917; *Самодурова З. Г.* Естественнаучные знания // *Культура Византии: Вторая половина VII–XII в. М., 1989. С. 311; Бычков В. В.* Образ как категория византийской эстетики. С. 131; *Nelson R. S.* Op. cit. P. 152–153.
- 33 Теории зрительного луча посвящена обширная литература. См. *Nelson R. S.* Op. cit. P. 149.
- 34 Гомилия («Слово») была произнесена по случаю освящения мозаичного образа Богоматери в соборе Софии в Константинополе в 867 г. См. *Mango C.* *The Homilies of Photius Patriarch of Constantinople.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1958
- 35 Цит по. *Василик В. В.* ΟΠΤΙΚΟΙ ΑΚΤΙΝΕΣ в контексте антииконоборческой полемики (об одной античной реминисценции в XVII Гомилии патриарха Фотия) // *Литургия, архитектура и искусство византийского мира: Труды XVIII Международного конгресса византинистов (Москва, 8-15 августа)* и другие материалы, посвященные памяти о Иоанна Мейендорфа / Под ред. К. К. Акентьева (Сер. «Византинороссика»). СПб., 1995. С. 252.
- 36 *Mango C.* Op. cit. P. 286.
- 37 *Василик В. В.* Указ. соч. С. 258; *Nelson R. S.* To say and to see. Ekphrasis and vision in Byzantium // *Visuality before and beyond the Renaissance.* See as Others Saw. Ed. Robert S. Nelson. Cambridge University Press, 2000. P. 150–152, 164. *Рожнятовский В. М.* Указ. соч. С. 50.
- 38 *Nelson R. S.* Loc. cit.; *Рожнятовский В. М.* Указ. соч. С. 49, 233. Ср. *Св. Иоанн Дамаскин.* Точное изложение православной веры. М., 1992. Глава 18.
- 39 *Knorr W. R.* Archimedes and the Pseudo-Euclidean Catoptrics: Early Stages in the Ancient Geometric Theory of Mirrors // *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 35, 1985. P. 28–105; *Ronchi V.* *Optics: The Science of Vision.* New York, 1957. P. 15–24.
- 40 *Knorr W. R.* Op. cit. P. 28–43.
- 41 *Knorr W. R.* Op. cit. App. 9. Обычно считается предшественником Теона Александрийского (IV в.), но Кнорр считает, что он жил позже, возможно в VI в. См. *Schibille N.* Op. cit. P. 38.
- 42 Ibid.
- 43 *Heronis Alexandrini.* Opera quae supersunt omnia, 2, 1: *Mechanica et catoptrica* / Recens L. Nix et W. Schmidt. Leipzig: Teubner, 1900. P. 318–321; *Mansfeld J.* *Prolegomena Mathematica from Apollonius of Perga to Late Neoplatonism: With an Appendix on Pappus and the History of Platonism* // *Philosophia Antiqua*, V. 80. Leiden, Boston: Brill, 1998. P. 52–53.
- 44 Ibid., P. 123–125. Также см. *Зубов В. П.* Указ. соч. С. 32–40.
- 45 См. *Knorr W. R.* Op. cit.; *Mansfeld J.* *Prolegomena Mathematica from Apollonius of Perga to Late Neoplatonism: With an Appendix on Pappus and the History of Platonism* // *Philosophia Antiqua*, V. 80. Leiden, Boston: Brill, 1998. P. 58–60, *Smith A. M.* *Extremal Principles in Ancient and Medieval Optics* // *Physis*, 31, 1994.
- 46 *Птолемей.* Оптика, II, 6–7.
- 47 Там же, II, 124. Ср. *Платон.* Государство, 51–53.
- 48 Агафий описывает Анфимия как архитектора, геометра, математика и того, кто «делает модели или имитации природы». См. *Mango C.* Sources... P. 78.
- 49 *Huxley G. L.* *Anthemius of Tralles: A Study of Later Greek Geometry.* Cambridge, 1959. P. 6–19, 44–55. Также см. *Cameron A.* *Isidor of Milethus and Hypatia: on the Editing of Mathematical Texts* // *Greek, Roman and Byzantine Studies*, 31, 1990. P. 103–127.
- 50 *Huxley G. L.* Op. cit. P. 6, 44.
- 51 *Potamianos I.* Op. Cit. P. 161–169.
- 52 *Остерхаут Р.* Византийские строители. Киев-Москва, 2005. С. 17.
- 53 *Рожнятовский В. М.* Указ. соч.