

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Современные успехи в изучении цветного зрения*

Цветное зрение—г. е. способность воспринимать цвета окружающего мира—является одним из мощных орудий нашего познания. Возникнув в ходе длительного эволюционного процесса, цветное зрение становится высшей функцией зрительного анализатора—результатом сложных нервных процессов. При этом оно приобретает огромную практическую ценность как в жизни человека, так и в жизни ряда животных. Правильное философское решение проблемы цветного зрения было впервые дано в работах классиков марксизма-ленинизма. В своем великом труде „Материализм и эмпириокритицизм“ В. И. Ленин дал резкий отпор различного рода идеалистическим воззрениям, царившим в этой области. Он указывал: „...Цвет есть результат воздействия физического объекта на сетчатку—ощущение есть результат воздействия материи на наши органы чувств... Значит вне нас, независимо от нас и от нашего сознания, существуют движения материи, скажем волны эфира определенной длины и определенной быстроты, которые, действуя на сетчатку, производят в человеке ощущение того или иного цвета... Это и есть материализм: материя, действуя на наши органы чувств, производит ощущение“.

Современная физиология, биофизика и биохимия органов чувств с каждым годом приносят все большее и большее число фактов, подтверждающих эти положения, обогащающих их естественно-научным содержанием.

В связи с этим понятно, какой огромный интерес представляет недавно вышедшая книга члена-корреспондента АН СССР проф. С. В. Кравкова „Цветовое зрение“, посвященная изложению основных результатов, достигнутых наукой по анализу природы цветового чувства. В первой главе, после краткой характеристики цветовых ощущений и их познавательной ценности в свете ленинской теории отражения, автор широко освещает наиболее распространенную в настоящее время трехкомпонентную теорию цветного зрения, давая ее в историческом разрезе и справедливо связывая ее возникновение с именем М. В. Ломоносова.

Во второй главе приводится большой материал из арсенала современной науки, направленной на дальнейшее углубление и уточнение трехкомпонентной теории Ломоносова, и, в частности, наиболее интересное ее подтверждение в новейших электрофизиологических работах.

* С. В. Кравков. Цветовое зрение, изд. АН СССР, Москва, 1951, тир. 8000, ц. 10 р.

В третьей главе С. В. Кравков рассматривает все основные особенности зрительных ощущений, трактуя их с позиций трехкомпонентной теории. И наконец, в последней—IV главе представлен большой материал (полученный главным образом в лабораториях автора), свидетельствующий о тех изменениях, которые наступают в цветовых ощущениях человека при разнообразных дополнительных воздействиях на организм, имеющих в большинстве случаев биологическую значимость.

Первая глава указанной книги начинается с освещения практического значения цветового зрения и включает в себя важные вопросы о познавательном значении цветового зрения и критике физиологического идеализма. Необходимо отметить, что освещение этих кардинальных вопросов произведено недостаточно полно. Безусловно, можно было бы значительно шире развернуть затронутые вопросы, учитывая наличие за рубежом ряда современных эпитомов физиологического идеализма, пытающихся дискредитировать положения диалектического материализма. Суровая критика новейших идеалистов является неотъемлемой частью критики физиологического идеализма вообще. Следовало бы также привести известные и ясные положения Ленина об объективных и субъективных моментах в ощущениях. В этих параграфах имеется и ряд „тяжелых“ фраз, которые можно было бы упростить, учитывая, что книга предназначена в основном для широкого читателя.

Далее автор рассматривает вопрос о роли окружающей среды в формировании органа зрения. Он справедливо указывает, что как в строении зрительного анализатора, так и в его функциональных возможностях нельзя не видеть закрепленные эволюцией основные черты внешнего мира и в частности, в данном случае, световые особенности земной обстановки. Так, в сетчатках глаз глубоководных рыб, обитающих в условиях минимальных световых стимулов, преобладают в основном палочки, как наиболее чувствительные к свету нервные окончания, несущие функцию бесцветного, т. е. ахроматического видения. Густота палочек в таких сетчатках огромна—на 1 мм^2 приходится около 25 миллионов клеток, тогда как у человека на этой же площади в среднем укладывается 2 миллиона палочек. Интересно отметить, что у ряда рыб имеются даже своеобразные фонари, в виде люминесцирующих органов, освещающих окружающее пространство. В качестве другого примера приспособляемости можно указать на сетчатку человека, расположенную именно в таком месте и на таком расстоянии от преломляющих сред, которые обеспечивают наилучшее зрение, если учесть ряд оптических недостатков глаза. Что же касается цветного или как говорят дневного зрения (т. к. мы способны различать цвета лишь в условиях достаточной освещенности предметов—например, днем), то и оно возникло

как отражение свойств окружающей среды. Так, чувствительность вашего цветного зрения к различным цветам, т. е. способность глаза видеть тот или иной цвет, очень близка к кривой распределения энергии в солнечном спектре, отражаемом зеленой растительностью. Иначе говоря, диапазон цветного зрения и его свойства отражают особенности светового излучения, посылаемого солнцем.

Все многообразие зрительных ощущений можно разделить на две основные группы. Первая группа составляет так называемые ахроматические ощущения, т. е. ощущения, возникающие от белого, черного и всевозможных градаций серых цветов. Вторая группа объединяет все многообразие цветных или хроматических ощущений, т. е. ощущений, возникающих при действиях на глаз красных, синих, голубых, розовых и т. д. лучей—иначе говоря, всех цветов, кроме белого, черного и серых. Возникает естественный вопрос: по каким основным признакам мы различаем цвета друг от друга? Эти различия в основном сводятся к разнице в цветовом тоне, светлоте и насыщенности цветов.

Цветовой тон—это название определенных цветов в спектре. Но цвета могут отличаться друг от друга не только по цветовому тону, но и по светлоте. Чем ближе данный цвет к белому цвету, тем он светлее и наоборот. Наконец, третье различие цветов может быть и по так называемой насыщенности, под которой понимают степень отличия данного цвета от одинакового с ним по светлоте серого цвета.

Но возникает и другой естественный вопрос: сколько цветов способен видеть глаз человека? С. В. Кравков подробно останавливается на экспериментальных работах, посвященных этому вопросу. Оказывается, что в желтой и голубой частях спектра изменение длины световой волны всего лишь на $1\text{m}\mu$ вызывает разницу цветового ощущения, тогда как в фиолетовой и красной частях спектра глаз значительно грубее реагирует на изменение длины волны. Опыты показывают, что число цветных тонов, различаемых нами в спектре, составляет примерно 150—180. Если же мы примем во внимание также возможные различия в цветах, происходящие от разницы в яркости и насыщенности, то общее число цветов, воспринимаемых нами, составит несколько тысяч.

Далее С. В. Кравков останавливается на синтетической способности зрительного анализатора, которая приводит к тому, что при одновременном действии на глаз двух или нескольких различных цветов мы ощущаем лишь один результирующий цвет. Так, для всякого цвета можно подобрать другой такой цвет, от смешения с которым получится ощущение белого—ахроматического цвета. Такая пара цветов получила название дополнительных, например: красный и голубовато-зеленый, желтый и синий, зеленый и пурпурный и т. д.

Далее автор подробно излагает первую гипотезу Ломоносова о природе цветного зрения. М. Ломоносов признавал су-

ществование в зрительном аппарате трех различных светоприемников. Одного наиболее чувствительного к зеленым лучам, другого—к красным, а третьего—к синим лучам. Изолированное возбуждение каждого из этих аппаратов вызывает соответственно ощущения зеленого, красного и синего цвета; все же остальные цветовые оттенки ощущений являются результатом различной степени возбуждения этих трех основных приемников. В литературе, особенно иностранной, распространено ошибочное мнение, согласно которому приоритет в открытии трехцветной теории цветного зрения принадлежит Юнгу и Гельмгольцу. Однако первая работа Ломоносова по данному вопросу была опубликована в 1756 г., тогда как Юнг выступил с аналогичной теорией только в 1802 г., а Гельмгольц еще позже. Изложение гипотезы Ломоносова о трехцветной природе цветного зрения произведено очень подробно и обстоятельно. Большой заслугой С. В. Кравкова следует считать доказательство, на основе исторических данных и документов, неоспоримого приоритета отечественной науки в данном вопросе.

В конце первой главы изложен материал сравнительно-физиологического порядка, характеризующий наличие цветового чувства у разных животных.

Автор отмечает, что на основании многих экспериментальных работ можно утверждать, что цветное зрение встречается у амфибий, пресмыкающихся и большинства птиц. Среди млекопитающих кошки, повидимому, различают цвета, собаки и кролики этой способностью не обладают. Среди обезьян цветное зрение хорошо развито у человекообразных обезьян, у низших же приматов его не существует. У хвостовых обезьян обнаружена способность различать лишь два цветовых тона—желтый и синий.

Имеются основания сделать вывод о том, что, как правило, цветное зрение встречается у животных, ведущих дневной образ жизни, и отсутствует у „ночных“ животных. К большому сожалению, автор не указывает те пути и те методы, с помощью которых в каждом конкретном случае решался вопрос о наличии или отсутствии цветного зрения. А это—безусловно очень важное обстоятельство.

*

Большой интерес представляет вторая глава рецензируемой книги, в которой показано, как новейшая наука подтверждает гениальную догадку М. В. Ломоносова о природе цветного зрения.

Вначале подробно излагаются законы оптического смешения цветов, которым подчиняется человеческий глаз. Переходя затем к изложению методов отыскания кривых основных цветовых возбуждений зрительного анализатора, автор справедливо отмечает, что такими кривыми (отображающими тройственность воспринимающих рецепторов глаза) могут быть из многих возможных только те, кото-

рые удовлетворительно сумели бы объяснить наряду с фактами из области оптического смешения цветов также и факты, относящиеся к аномалиям, нарушениям цветового чувства. К таким кривым, отображающим основные возбуждения в *красной, зеленой и синей* части спектра, могут быть отнесены, как наиболее вероятные, кривые, полученные Федоровыми. Вызывает живой интерес изложение автором наиболее важного из современных подтверждений трехкомпонентной концепции в электрофизиологических работах, выполненных Р. Гранитом и другими. Эти интересные опыты, как известно, состояли в объективной регистрации электрических импульсов, возникающих при микроэлектродном отведении с поверхности обнаженной сетчатки различных животных (кошки, лягушки, морские свинки и др.) при раздражении монохроматическими лучами. Оказалось, что если перемещать электрод по сетчатке (касаясь ее различных участков), то обнаруживается всего лишь четыре типа распределения чувствительности рецепторов по спектру. Первая группа светочувствительных клеток дает широкий „спектр действия“ с максимумом чувствительности в области $560 \text{ м}\mu$, а три другие группы клеток имеют узкие „спектры действия“ с максимальной чувствительностью соответственно в областях зеленого ($530 \text{ м}\mu$), красного ($600 \text{ м}\mu$) и синего ($460 \text{ м}\mu$) цветов. Такие результаты, полученные на разных животных, обладающих цветным зрением и в разных условиях опытов, являются пожалуй наиболее убедительным объективным подтверждением трехцветной теории зрения.

Что касается 8 параграфа этой главы, посвященного первичным процессам в зрительном анализаторе при цветном зрении, то этот параграф по нашему мнению, вряд ли можно признать исчерпывающим или даже освещающим всю сложность данной проблемы. Первичные процессы, развивающиеся в сетчатке и лежащие в основе трансформации световой энергии внешнего мира в процессы нервного возбуждения, до сих пор еще полностью не вскрыты наукой и продолжают оставаться загадкой. А между тем именно в них лежит немалая доля и загадки цветного зрения в целом. „Основным фактом физиологии анализаторов,— указывал И. П. Павлов,— является то, что каждый периферический аппарат есть специальный трансформатор данной внешней энергии в нервный процесс“.

Хорошо изученные к настоящему времени фотохимические реакции в зрительном пурпуре и пигменте колбочек-родопсине, конечно, не могут исчерпать сущность того процесса, который совершается в светочувствительных клетках уже хотя бы даже потому, что имеются достоверные данные об изменении метаболизма сетчатки при ее возбуждении, об изменении ее электрических свойств и т. д. Излагаемую автором гипотезу акад. П. П. Лазарева о том, что в результате поглощения света фотопигментами происходит распад молекул на ионы, которые раздражают далее окончания зрительного нерва, можно считать подтвержденной пока лишь в ее первой части, что

же касается раздражающего влияния ионов, то в этом направлении данные отсутствуют. Поэтому полагать, что первичный процесс в сетчатке есть процесс только фотохимический (как это следует из изложения С. В. Кравкова), вряд ли будет правильным.

С другой стороны, автор, к большому сожалению, не останавливается на тех физических представлениях о природе колбочковых процессов, которые в настоящее время развивает проф. С. О. Магзель. Эти интересные и важные исследования в книге не отражены. А между тем они имеют непосредственное отношение к проблеме цветного зрения, ибо с современных физических позиций раскрывают механизм действия света на глаз и в ряде случаев даже позволяют заранее правильно предугадать направление процессов.

Обсуждая далее вопрос о наличии в сетчатке трех светочувствительных веществ, автор приводит результаты собственных опытов, показавших, что цветовая адаптация (т. е. снижение чувствительности глаза для цветных раздражителей, длительно действующих на глаз) идет с разной скоростью в зависимости от цветности адаптирующего стимула. Это обстоятельство, по мнению С. В. Кравкова, „говорит в пользу признания существования нескольких различных светореагирующих аппаратов в колбочках сетчатки“. Однако, как нам кажется, это вряд ли может быть расценено только таким образом. Не говоря уже о том, что чувствительность зрительного аппарата определяется не только периферическими процессами, но и центральными—корковыми процессами (которые могут идти с разными скоростями для разных цветов)—можно полагать, что неодинаковая цветовая адаптация объясняется неодинаковой скоростью выцветания одного светочувствительного вещества (иодопсина) в разных лучах спектра.

*

В третьей главе показано, как основные факты из области цветового зрения могут быть поняты на основе трехкомпонентной теории.

Большую значимость имеют опыты, связанные с явлениями цветового контраста, обусловленного индуктивными процессами в зрительном анализаторе. И. П. Павлов, как известно, по этому поводу писал: „Явления взаимной индукции вполне совпадают с большой группой контрастных явлений, изученных в теперешней физиологии органов чувств“. Если изучается влияние светового раздражения одного пункта сетчатки на другой, то принято говорить об одновременном цветовом контрасте, тогда же, когда предшествующие раздражения влияют на последующие, то говорят о последовательном контрасте. Так, если поместить серую бумагу на разные цветовые фоны, то серый цвет бумаги будет казаться нам различным в зависимости от цвета фона. На красном фоне серый цвет приобретает зеленоватый оттенок, на зеленом—малиновый и т. д. Иначе говоря, цветовое ощущение сильно зависит от одновременно действующих

на глаз других раздражений. Необходимо, однако, отметить, что С. В. Кравков при изложении данных вопросов не попытался более конкретно и четко объяснить эти явления, исходя из основных павловских принципов о динамике процессов возбуждения и торможения. Кроме того, автором не вскрываются условия и механизм протекания индуктивных процессов на разных уровнях зрительного анализатора.

В 7 параграфе этой главы представлена большая группа фактов, относящихся к цветовым аномалиям, проявляющихся в ослаблении или полном выпадении реакции глаза на цветные стимулы. Разбирая этот важнейший вопрос, С. В. Кравков подробно освещает существующие классификации цветных аномалий и их возможные интерпретации на языке трехкомпонентной теории. Все лица с ненормальным цветоощущением могут быть сгруппированы в три основные группы. Первая группа объединяет тех людей, которые хотя и различают все цвета, однако обладают ослабленным цветоощущением. Вторая группа объединяет лиц, неспособных различать некоторые цвета спектра. При этом чаще всего наблюдается красно-зеленая слепота — так называемый дальтонизм. Наконец, третья группа объединяет лиц, которые обладают полной цветовой слепотой или, как говорят, ахромазией. Такие люди полностью неспособны к различению цветов окружающего мира.

* * *

Последняя (IV) глава книги „Цветовое зрение“ посвящена изложению работ, выполненных главным образом в лабораториях автора; эти работы были направлены на изучение тех сдвигов, которые происходят в органе зрения при действии на организм различных дополнительных раздражений. С. В. Кравков является, как известно, одним из пионеров подобного метода исследования органов чувств, и ему принадлежат наиболее интересные и важные научные результаты в этой области.

Здесь подробно изложены работы по анализу влияния звуковых, обонятельных, температурных, вкусовых и других воздействий, по-разному влияющих на чувствительность глаза к сине-зеленой и оранжево-красной части спектра. Так, звуковые стимулы повышают чувствительность к зелено-голубым лучам, одновременно понижая чувствительность к лучам оранжево-красным. Такого рода двойственность, выражающаяся в противоположной реакции различных цветоощущающих аппаратов зрительного анализатора, автор трактует с позиций вегетативной противоположности применявшихся дополнительных раздражителей. Он полагает, что „Первая группа не прямых раздражителей (слуховые раздражения, запахи гераньола и др.) возбуждают преимущественно симпатический отдел вегетативной нервной системы. Вторая группа не прямых раздражителей (запах индола, положение запрокинутой головы) возбуждает преимущественно парасимпатиче-

ский отдел нервной системы. Ряд изложенных далее работ проделан для экспериментального подтверждения высказанных предположений. Например, испытание действия на цветное зрение вегетативных ядов показало, что „симпатикотропные“ вещества повышают чувствительность к зеленому свету, снижая к красному, тогда как „ваготропные“ вещества действуют противоположно.

Изложенные в этой части книги опыты, представляющие несомненный интерес, ставят перед работающими в области зрения ряд совершенно новых проблем, решение которых крайне необходимо. Так, предстоит выяснить, в чем причина противоположной реакции на один и тот же неадекватный стимул „зелено“ и „красноощущающих“ аппаратов глаза, при относительной неизменности „желтоощущающих“, каков механизм действия ионов (вводимых с помощью ионофореза) на анализатор, почему катэлектронические воздействия противоположны анаэлектроническим и ряд других.

* * *

Монография С. В. Кравкова, скончавшегося в 1951 г., несомненно содержит целый ряд крупных достоинств, выгодно отличающих ее от зарубежных работ по проблеме цветного зрения. К главным достоинствам книги в первую очередь следует отнести ее последовательность и целеустремленность по отношению к трехкомпонентной теории, начиная с обстоятельного изложения ее возникновения и развития и кончая ее новейшими подтверждениями. В книге широко представлены исследования советских ученых, внесших значительный вклад в дело познания механизма цветового чувства.

К недостаткам следует отнести то, что книга все же не пропитана павловским учением об анализаторах, совершившим подлинную революцию в физиологии органов чувств. Как пример можно указать на то, что абсолютно не освещены имеющиеся материалы по условно-рефлекторному методу изучения цветного зрения. А между тем только этот объективный павловский прием, позволяющий в динамическом аспекте изучать состояние и свойства центральных отделов анализаторов, позволит до конца вскрыть механизм цветного зрения, как высшей функции зрительного анализатора.

В целом можно с уверенностью сказать, что труд С. В. Кравкова представляет новое, глубокое и полезное исследование, суммирующее наши знания по одному из основных и труднейших вопросов физиологии органов чувств—по проблеме цветного зрения. Выход в свет этой работы—важное событие в советской физиологической оптике.

Г. Г. ДЕМИРЧОГЛАН

Поступило 15 III 1952

