

# БИОЛОГИЯ

УДК 612.821

## ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ МИКРОСЕКУНДНЫХ ВСПЫШЕК КРАСНОГО И ЗЕЛЕННОГО ЦВЕТА ПРИ РАЗДЕЛЬНОМ И ОДНОМОМЕНТНОМ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯХ

© 2010 г. *В.И. Щербаков, А.А. Лекомцева, М.К. Паренко, В.А. Алымов, Ю.В. Егорова*

Нижегородский государственный педагогический университет

lecomtseva\_anna@km.ru

*Поступила в редакцию 28.09.2010*

Исследованы особенности восприятия красных и зеленых световых стимулов при их раздельном и одновременном предъявлении. Одиночную красную вспышку все испытуемые воспринимали адекватно, зеленую – 60% испытуемых ощущали как зеленую, 27% – как желтую, 13% – как белую. Цвет аддитивной смеси зависел от качества восприятия одиночной зеленой вспышки.

*Ключевые слова:* цветовое зрение, оппонентные цвета, аддитивная смесь, темновая адаптация, яркость.

### Введение

Использование коротких ахроматических, хроматических, дихроматических световых импульсов раздельно, сдвоенно, серией широко распространено в психофизических и физиологических исследованиях для изучения вопросов временного разрешения зрительного анализатора. Помимо основных проблем, решаемых в таких работах, исследователь неизбежно сталкивается с рядом особенностей восприятия коротких световых импульсов. Например, при длительности стимула меньше 100 мс имеется взаимосвязь между временем действия стимула и воспринимаемой яркостью (закон Блоха): чем длительнее стимул, тем больше яркость [1]. Также установлено, что при малых длительностях импульса и низкой фоновой освещенности уровень яркости теста может соответствовать мезопическому зрению [2]. В таких условиях цветовосприятие может меняться (явление Бецольда – Брюкке). Имеются данные, что если используется предварительная темновая адаптация, то на восприятии импульсов будут сказываться особенности ее хода по отношению к динамике изменения порогов восприятия стимулов с разной длиной волны [3, 4]. Динамика снижения порогов чувствительности в ходе темновой адаптации характеризуется тем, что примерно до 10–12 минут пороги для красного и фиолетового стимулов снижаются быстрее, чем для зеленого, желтого и белого, затем чувствительность к зеленому, желтому и белому стано-

вится выше, чем к красному. Следовательно, при темновой адаптации в течение 5–10 минут красный стимул воспринимается более ярким по сравнению со средневолновыми вспышками. Поэтому при изучении временного разрешения зрительной системы особенности возникающих феноменов восприятия ультракоротких вспышек могут определяться не временным разрешением как таковым, а рассмотренными выше факторами. В настоящем исследовании стимулы длительностью 1 мкс с длинами волн 625 и 568 нм предъявлялись как раздельно, так и в виде аддитивной смеси для изучения особенностей феноменов восприятия цветовых вспышек.

### Методика

Для предъявления коротких цветовых вспышек использовали экспериментальную установку, в состав которой входил двухканальный генератор прямоугольных электрических импульсов, тубус со светодиодом, закрепленном в штативе, подставка для фиксации головы испытуемого, светонепроницаемая ширма для обеспечения монокулярной стимуляции. Красно-зеленый светодиод L-3WSRSGW-CC помещался в тубус диаметром 1 см и длиной 3 см. Характеристики светодиода: угол излучения 60°; максимальная сила света при токе 20 мА – 35 мкд, при этом яркость составляет 4.3 кд/м<sup>2</sup>; диаметр матовой линзы 3 мм; длина волны зеленого излучения – 568±10 нм, красного – 625±10 нм. Прибор давал

возможность изменять в широком диапазоне различные параметры цветовой стимуляции, а именно:

- варьировать длительность каждого стимула от 1 до 1000 мкс;
- изменять интенсивность стимула через силу тока в диапазоне от 15 до 40 мА;
- предъявлять как одиночные вспышки, так и пары вспышек;
- изменять порядок следования стимулов в паре;
- менять межстимульную задержку от 0 до 1000 мс.

В данном исследовании интенсивность стимулов задавалась силой тока 20 мА, длительность как красной, так и зеленой вспышек составляла 1 мкс.

Исследование проводилось монокулярно, расстояние от источника излучения до глаза испытуемого составляло 20 см, угловой размер рассматриваемого объекта – 1°. В помещении поддерживалась освещенность в 2 люкса. Исследование проводилось после 5-минутной темновой адаптации. Тестирование правого и левого глаза у разных испытуемых чередовали в случайном порядке.

Процесс обследования был разбит на два этапа. На первом этапе фиксировали ощущения испытуемых при предъявлении им по отдельности красной и зеленой вспышек длительностью 1 мкс. На втором этапе красная и зеленая вспышки предъявлялись одновременно, у испытуемых узнавали цвет воспринимаемой ими аддитивной смеси.

Всего было протестировано 196 студентов 18–26-летнего возраста. Все испытуемые были нормальными трихроматами с остротой зрения не ниже 0.8–1.0. Около 5% испытуемых, страдающих небольшой близорукостью, на момент обследования были в прозрачных контактных линзах.

### Результаты

Установлено, что все испытуемые при предъявлении светового стимула длительностью в 1 мкс со спектром излучения  $625 \pm 10$  нм воспринимали вспышку светодиода как красную. При предъявлении вспышки той же длительности, но с длиной волны  $568 \pm 10$  нм качество восприятия данной вспышки у разных испытуемых отличалось: 60% воспринимали ее как зеленую, 27% – как желтую, 12.5% – как белую, 0.5% – как голубую. В ходе дальнейшего исследования при переходе от отдельного предъявления вспышек к одновременному ( $\Delta t = 0$ ), а затем и последовательному воспри-

ятие цвета аддитивной смеси испытуемыми было различным и зависело от цветоощущения одиночных вспышек с длиной волны  $568 \pm 10$  нм. Поэтому для анализа данных мы разделили всех испытуемых на три группы по качеству восприятия ими вспышек зеленой части спектра – группу «зеленых», группу «желтых» и группу «белых».

При одновременном предъявлении красной и зеленой вспышек ( $\Delta t = 0$ ) 96% испытуемых вместо ожидаемого аддитивного желтого цвета видели единое пятно красного тона, а остальные – оранжевого или розового оттенка, причем это могло наблюдаться как при тестировании одного глаза, так и обоих. Например, трое испытуемых из группы «зеленых» при тестировании только правого глаза воспринимали аддитивную вспышку розового цвета, а при тестировании левого – красную. Двое испытуемых из группы «желтых», независимо от тестируемого глаза, ощущали цвет аддитивной смеси как оранжевый, один испытуемый – как розовый. Из группы «белых» один испытуемый при тестировании обоих глаз назвал цвет аддитивной вспышки розовым и еще один испытуемый видел единое пятно розового цвета только при тестировании правого глаза. Таким образом, в цветовом восприятии при одновременном предъявлении вспышек с длинами волн  $625 \pm 10$  и  $568 \pm 10$  нм наблюдалась некоторая асимметрия, а именно: при тестировании правого глаза чаще встречались отчеты о том, что аддитивная смесь воспринимается не как пятно красного цвета, а как пятно другого оттенка.

### Обсуждение

По нашему мнению, восприятие частью испытуемых (13%) зеленой вспышки как белой может свидетельствовать о том, что ее яркость лежит ниже уровня хроматического порога. Об этом говорит и тот факт, что при увеличении времени предъявления стимула до 1 мс все испытуемые (100%) начинали видеть зеленую вспышку. Как следует из полученных результатов, часть испытуемых воспринимала средневолновую вспышку как желтую. Вероятно, в этом случае хроматический порог достигается, но яркость стимула все же недостаточна для того, чтобы различить вспышку с длиной волны 568 нм как зеленую. Другое возможное объяснение индивидуальных различий в восприятии зеленого стимула столь малой (околопороговой для цветовосприятия) интенсивности – в вариации соотношения количества длинно- и средневолновых колбочек в сетчатке испытуемых [5].

Получен факт, что в аддитивной смеси оппонентных вспышек красного и зеленого цвета, предъявляемых одновременно, наблюдается доминирование красного цвета. На наш взгляд, это определяется тем, что вклад средневолновых колбочек в процесс цветовосприятия был недостаточен, поэтому испытуемые не ощущали «ожидаемую нами» вспышку желтого цвета, а в 96% случаев ощущали только один – красный компонент смеси. Видимо этому способствовало и то, что длина волны использовавшегося зеленого светодиода близка к желтому диапазону спектра и его вклад как «противовеса» в формирование смеси был «ослаблен». Восприятие некоторыми испытуемыми смеси как оранжевой или розовой говорит о том, что у них происходила более высокая активация средневолновых колбочек при данной стимуляции. Значение яркости зеленой вспышки подтверждается и тем, что когда мы в дополнительном эксперименте увеличивали длительность предъявления оппонентных стимулов с указанными длинами волн до 1 мс, то все испытуемые начинали воспринимать цвет стимула оранжевым или желтым.

Таким образом, при проведении исследований цветового зрения с использованием очень коротких вспышек, а также при трактовке получаемых результатов необходимо учитывать феномены свето- и цветовосприятия, обусловленные, как минимум, низкими уровнями яркости стимулов, особенностями динамики темновой адаптации, а также подбором длин волн оппонентных стимулов.

#### Список литературы

1. Шамшинова А.М., Волков В.В. Функциональные методы исследования в офтальмологии: М.: Медицина, 1999. 416 с.
2. Шиффман Х.Р. Ощущение и восприятие. 5-е изд. СПб.: Питер, 2003. 928с.
3. Pirenne M.H. Dark Adaptation and Night Vision. Chapter 5. In: Davson H. // The Eye. V. 2. London: Academic Press, 1962.
4. Bartlett N.R., Dark and Light Adaptation. Chapter 8. In: Graham C.H. // Vision and Visual Perception. New York: John Wiley and Sons Inc., 1965.
5. Roorda A., Williams D.R. The arrangement of the three cone classes in the living human eye // Nature. 1999. № 397. P. 520–522.

#### FEATURES OF PERCEPTION OF MICROSECOND RED AND GREEN FLASHES AT THEIR SEPARATE AND SIMULTANEOUS PRESENTATION

*V.I. Scherbakov, A.A. Lekomtseva, M.K. Parenko, V.A. Alymov, Yu.V. Egorova*

The features of perception have been studied of ultrashort red and green light stimuli with their separate and simultaneous presentation. All test subjects have been found to perceive single flashes in the red part of the spectrum adequately. Green flashes have been perceived as green by 60% of the test subjects, as yellow by 27% and as white by 13% of the test subjects. The additive mix colour depended on the perception quality of a single green flash.

*Keywords:* colour vision, opponent colours, additive mix, dark adaptation, brightness.