

Н. И. ПИНЕГИН

ТЕМНОВАЯ АДАПТАЦИЯ ПАЛОЧКОВОГО АППАРАТА СЕТЧАТКИ ДЛЯ КРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 30 III 1947)

Обычные логарифмические кривые порогов чувствительности адаптирующегося к темноте глаза имеют характерный перелом, соответствующий переходу от колбочковой адаптации к палочковой (^{1,2}). Попытки получить подобные кривые с переломом для красной области спектра до сих пор приводили к отрицательным результатам (³). Это обстоятельство считалось одним из показателей нечувствительности палочек к красным лучам. Поэтому даже в новейших сводках по адаптации (⁴) отсутствуют указания на подобную чувствительность.

Мы предприняли исследование этого вопроса заново. Исследовалась темновая адаптация колбочек и палочек для ртутных линий 691—713 м μ . Употреблялся монохроматор в сочетании с фильтром марки КС-9. Последний полностью устранял рассеянный свет других длин волн. Угловые размеры стимула составляли 1,5°. Измерение колбочковых и палочковых порогов производилось при помощи стопы плоско-параллельных фильтров определенной плотности, которая помещалась перед глазом наблюдателя. Любой фильтр мог быть моментально включен в пучок монохроматических лучей или, наоборот, выключен.

Темновая адаптация измерялась после 5-минутного засвечивания всей площади сетчатки белым и красным светом. Яркость белого фона была 0,2 сб, а красного 0,09 сб. Средняя длина волны в последнем случае составляла 654 м μ . Адаптационные измерения производились для *fovea centralis* и для периферии сетчатки на 10° от *fovea* по горизонтали к виску. Во втором случае применялась фиксационная точка ($\lambda > 800$ м μ).

Эксперименты проведены на 3 наблюдателях. На рис. 1—2 представлены логарифмические кривые фовеальных и периферических порогов, выраженных в относительных единицах.

Рассмотрим сначала кривые рис. 1, полученные после засвечивания сетчатки белым светом. Фовеальные кривые для каждого наблюдателя достигают стационарного порога чувствительности уже через 5 мин. после начала темновой адаптации, причем стимул на протяжении всего времени адаптации представляется красным. Начало периферических кривых практически совпадает с началом фовеальных кривых. Те и другие кривые в течение некоторого времени идут почти параллельно. Затем периферические кривые все более и более уклоняются от фовеальных кривых и обнаруживают резкий перелом, который наступает через 2,5—3,5 мин. после начала темновой адаптации. После перелома периферические кривые медленно спадают и достигают стационарного порога чувствительности практически лишь через 30 мин.

На протяжении времени от начала и до перелома периферических кривых стимул представляется красным. Наоборот, на протяжении времени от перелома и до конца указанных кривых стимул представляется ахроматическим (белым). Если сопоставить периферический стационарный ахроматический порог, достигаемый через 30 мин., с фовеальным стационарным хроматическим порогом, достигаемым через 5 мин., то оказывается, что они различны по своей величине. При данных экспериментальных условиях первый в 1,7 раза больше второго. Не остается сомнения в том, что в случае фовеальных кривых имеет место процесс темновой адаптации центрального (фовеального) колбочкового аппарата. В случае периферических кривых до

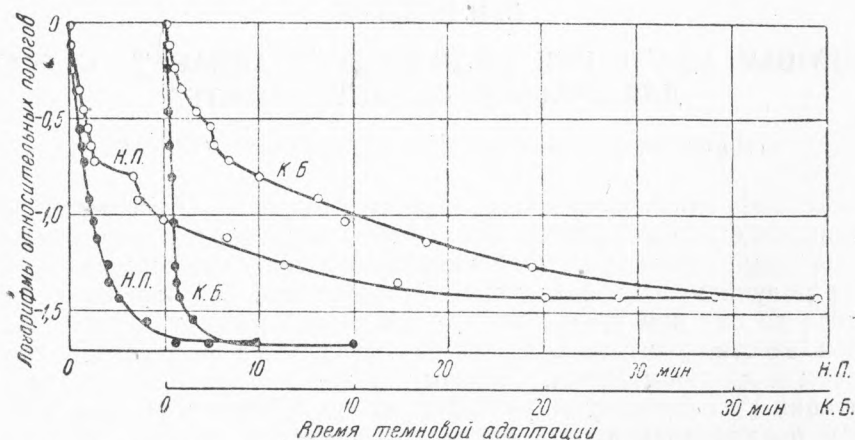


Рис. 1. Темновая адаптация после световой адаптации к белому свету при яркости фона 0,2 сб. Стимул: $\lambda=691-713$ м μ ; угловые размеры 1,5°. ● — фовеальные пороги, ○ — периферические пороги на 10° от fovea.

их перелома имеет место процесс темновой адаптации периферических колбочек, а после перелома — процесс темновой адаптации периферических палочек. Таким образом, мы можем констатировать, что палочковый аппарат сетчатки обнаруживает свою чувствительность к излучению 691—713 м μ .

Тот факт, что стационарный палочковый порог для 691—713 м μ меньше стационарного фовеального порога, приводит к выводу, что соответствующие кривые чувствительности должны иметь пересечение в области длин волн короче 691 м μ . В действительности это явление и имеет место. Полученные нами кривые абсолютной стационарной пороговой фовеальной и палочковой чувствительности для стимула в 20' пересекаются при $\lambda=643$ м μ , после чего идут почти параллельно вплоть до 850 м μ , где измерения палочковой чувствительности из-за недостаточной энергии излучений были закончены. Подробнее об этом сообщается особо.

Теперь рассмотрим кривые рис. 2, полученные после засвечивания сетчатки красным светом. Для первого и третьего наблюдателя представлено по 3 последовательных серии измерений фовеальных и периферических порогов, из которых получены соответствующие средние кривые. Для второго наблюдателя представлены 2 серии измерений и соответствующие им средние кривые.

В противоположность кривым рис. 1, фовеальные и периферические кривые рис. 2 почти не отличаются друг от друга, в большинстве случаев практически сливаясь в общие кривые, как это особенно рельефно выражено для первого и третьего наблюдателей. При этом стимул в обоих случаях представляется красным от начала и до конца

темновой адаптации. Стационарные пороги чувствительности в том и другом случае одинаковы. Время достижения их в большинстве случаев практически одно и то же и составляет 5—10 мин., считая от начала темновой адаптации. Таким образом, совершенно очевидно, что периферические кривые рис. 2 представляют собою кривые темновой

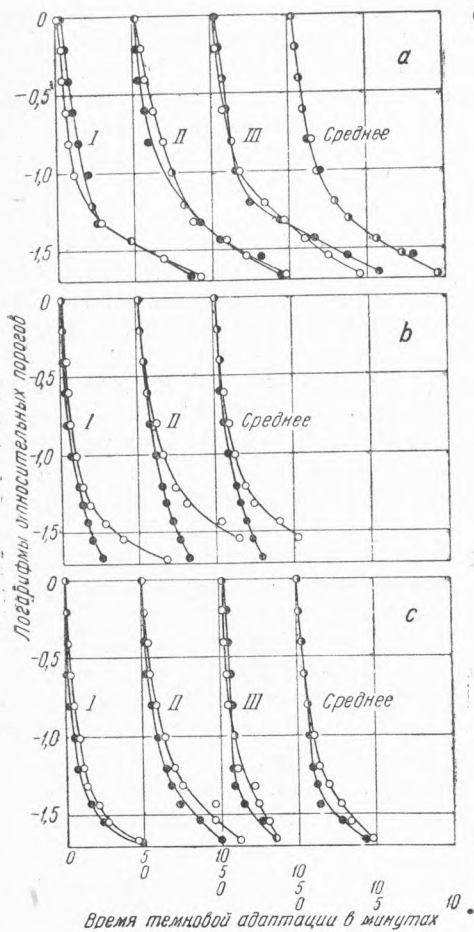


Рис. 2. Темновая адаптация после световой адаптации к красному свету.

$\lambda_{\text{средн.}} = 654 \text{ м}\mu$ при яркости фона 0,09 сб. Стимул: $\lambda = 691 - 713 \text{ м}\mu$; угловые размеры $1,5^\circ$. ● — фовеальные пороги, ○ — периферические пороги на 10° от фовеа.

a — наблюдатель Н. П., b — наблюдатель К. Б., c — наблюдатель М. В.

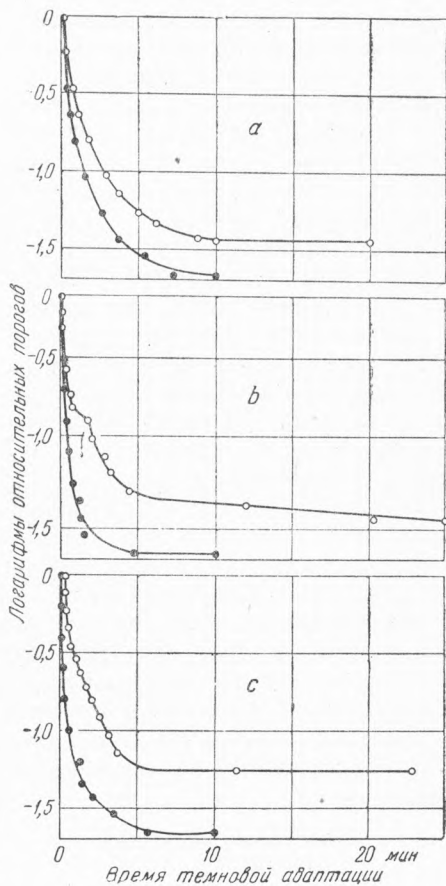


Рис. 3. Темновая адаптация после световой адаптации к красному свету.

$\lambda_{\text{средн.}} = 654 \text{ м}\mu$ при яркости фона 9,09 сб. (a) и 0,015 сб (b и c). Стимул: $\lambda = 691 - 713 \text{ м}\mu$, угловые размеры $20'$. ● — фовеальные пороги, ○ — периферические пороги на 10° от фовеа.

адаптации лишь одних периферических колбочек без какого бы то ни было участия соседних с ними периферических палочек.

Этот факт можно понять, исходя из принципа взаимоотношения афферентных систем, выдвинутого акад. Л. А. Орбели (5). Можно предположить, что палочки в условиях темновой адаптации оказывают тормозящее влияние на периферические колбочки. Предварительное засвечивание сетчатки белым светом (рис. 1) приводит к выключению палочкового аппарата на такое время (2,5—3,5 мин.), когда свободные от тормозящего влияния палочек периферические колбочки успевают, адаптируясь к темноте, повысить свою чувствительность в среднем лишь до 0,12 величины чувствительности фовеа. Затем вступают в реакцию палочки, которые, начиная с момента перелома

кривых, полностью затормаживают периферические колбочки. Поэтому дальнейший процесс темновой адаптации глаза определяется реакцией лишь одних палочек.

Иную картину имеем после предварительного засвечивания сетчатки красным светом (рис. 2). Красный свет, даже при яркости фона в 2 раза меньшей по сравнению с белым светом, приводит к полному торможению палочкового аппарата, так что последний абсолютно не принимает участия в темновой адаптации для $\lambda = 691-713$ м μ . Периферические колбочки, свободные от тормозящего влияния со стороны палочек и предоставленные самим себе, обнаруживают такую же высокую чувствительность во времени (лабильность), как и фовеальные колбочки. В результате кривые фовеальной и периферической колбочковой адаптации практически не отличаются друг от друга. Можно считать, что засвечивание сетчатки красным светом при яркости фона 0,09 сб и угловых размерах стимула $1,5^\circ$ вызывает световую адаптацию палочек к красным лучам с понижением их чувствительности к $\lambda = 691-713$ м μ до нуля, что приводит к их полному функциональному выключению.

Если взять меньшие размеры стимула, например $20'$, и засвечивать сетчатку красным светом при той же яркости фона $B_1' = 0,09$ сб или при меньшей яркости, например, $B_2' = 0,015$ сб, то при этих условиях не происходит полного выключения палочек, как это видно из рис. 3. Периферические кривые рис. 3 существенно отличаются от кривых рис. 2 и похожи на кривые рис. 1, т. е. вначале они являются колбочковыми, а затем — палочковыми. Они отличаются от кривых рис. 1 лишь тем, что у них не всегда выражен тот характерный перелом, который соответствует моменту включения в процесс адаптации палочек. На рис. 3 он обнаруживается лишь у одного наблюдателя (К. Б.).

На основании изложенного выше можно сделать следующий вывод: палочковый аппарат сетчатки обнаруживает как световую, так и темновую адаптацию к красным лучам, т. е. он обладает своей собственной чувствительностью в красной области спектра.

Выражаю глубокую благодарность акад. С. И. Вавилову и проф. Л. Н. Гассовскому за неизменный интерес и ценные замечания по работе.

Государственный оптический
институт

Поступило
25 III 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ A. Kohlrausch, Pflüg. Arch. Ges. Physiolog., 196, 113 (1922). ² S. Hecht, J. Opt. Soc. Am., 18, 264 (1929). ³ A. Kohlrausch, Handb. d. norm. und pathol. Physiologie, 12, 2, 1931, S. 1499. ⁴ Ch. Sheard, Opt. Soc. Am., 34, No. 8 (1944). ⁵ Л. А. Орбели, Физиологический журн. СССР им. Сеченова, 17, в. 6 (1934).