

Е. И. ЕФИМЦЕВ, В. А. БОЙЧЕНКО, Ф. Ф. ЛИТВИН

**СПЕКТРЫ ДЕЙСТВИЯ ФОТОСИНТЕЗА И ВЫДЕЛЕНИЯ  
ВОДОРОДА У БАКТЕРИЙ, ВОДОРΟΣЛЕЙ И ВЫСШИХ  
РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком А. А. Баевым 5 XI 1974)

Спектральная зависимость скорости фотоиндуцированного выделения водорода фотосинтезирующими организмами мало изучена. В нескольких работах с помощью монотрического и газохроматографического методов<sup>(1, 2)</sup> показано, что спектр действия выделения  $H_2$  у хламидомонады и хлореллы смещен в длинноволновую область по сравнению со спектром действия фотосинтеза.

Целью данной работы было исследование спектров действия газообмена  $H_2$  и  $O_2$  у разных видов в условиях исключения эффекта нелинейности световых кривых.

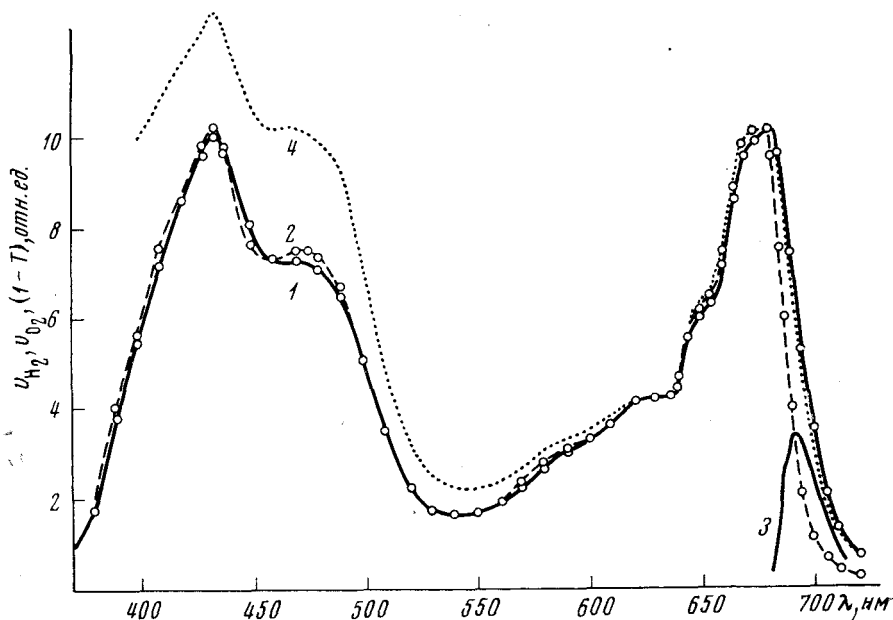


Рис. 1. *Chlorella* sp. K. 1 — спектр действия выделения  $H_2$  в анаэробных условиях ( $He+1\% CO_2$ ),  $\Delta\lambda=0.5-1$  нм; 2 — спектр действия выделения  $O_2$  в аэробных условиях (воздух+1%  $CO_2$ ),  $\Delta\lambda=2-4$  нм; 3 — разностный спектр между кривыми 1 и 2; 4 — спектр поглощения

Измерения спектров проводились амперометрическим способом регистрации кислорода<sup>(3)</sup> и водорода (по модифицированному методу<sup>(4, 5)</sup>). Исключение влияния нелинейности световых кривых осуществлялось либо внесением поправки, учитывающей их форму, либо путем измерения спектров при одинаковом уровне фотопроцесса. Вносилась также небольшая поправка на отражение платинового электрода. Спектры поглощения измерялись на спектрофотометре СФ-14 (объект внутри интегрирующей сферы). Измерение спектров действия проводилось по точкам через 2—10 нм при полуширине спектрального интервала 0,5—5 нм и оптической

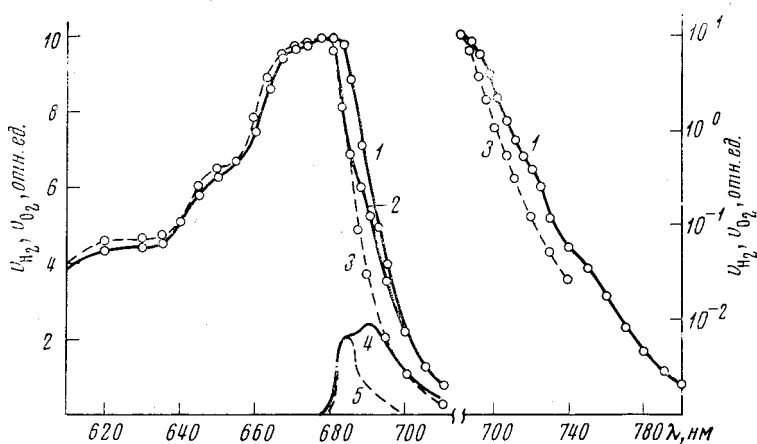


Рис. 2. *Chlorella pyrenoidosa*. 1 — спектр действия выделения  $H_2$  в анаэробных условиях ( $He+1\% CO_2$ ),  $\Delta\lambda=0,5-1$  нм; 2 — то же, в присутствии диуронона ( $10^{-5} M$ ); 3 — спектр действия выделения  $O_2$  в аэробных условиях (воздух+1%  $CO_2$ ),  $\Delta\lambda=2-4$  нм; 4 — разностный спектр между кривыми 1 и 3; 5 — разностный спектр между кривыми 1 и 2

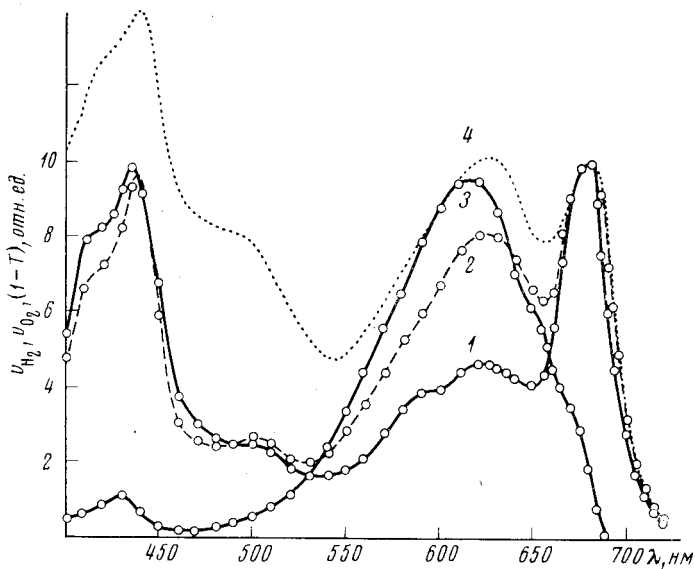


Рис. 3. *Anabaena variabilis*. 1 — спектр действия выделения  $H_2$ ,  $\Delta\lambda=1-2$  нм; 2 — спектр действия фотонгибирования поглощения  $O_2$ ,  $\Delta\lambda=1-2$  нм; 3 — спектр действия выделения  $O_2$ ,  $\Delta\lambda=3-6$  нм; 4 — спектр поглощения. Газовая фаза в опытах 1-3 воздух+1%  $CO_2$

плотности объекта 0,05—0,1 ед. При сопоставлении спектры приравнивались в области красного максимума хлорофилла а (682 нм).

Как видно (рис. 1, 2), спектр действия выделения  $H_2$  у хлореллы весьма близок к спектру действия фотосинтеза с некоторым смещением красного максимума в длинноволновую область до 682—685 нм. Разностный спектр указывает на относительно повышенную эффективность участия в выделении водорода пигментных форм с максимумом 690—695 нм. В дальней красной области на спектре выделения  $H_2$  (но не  $O_2$ ) иногда наблюдались (рис. 2) плечи при 720 и 760 нм. Интересно отметить, что кривая спектра действия  $H_2$  в красной области (рис. 1) проходит относительно выше спектра поглощения. В опытах с диуроном обнаруживается,

что фотосистема II вносит вклад в электронный транспорт, связанный с выделением водорода за счет пигментной формы с максимумом 682—685 нм. Разностный спектр напоминает спектр, приписываемый Виттом (6) активному центру фотосистемы II. Интересно отметить, что спектры действия выделения  $H_2$  у двух штаммов хлореллы указывают на высокую эффективность хлорофилла b в присутствии диурона.

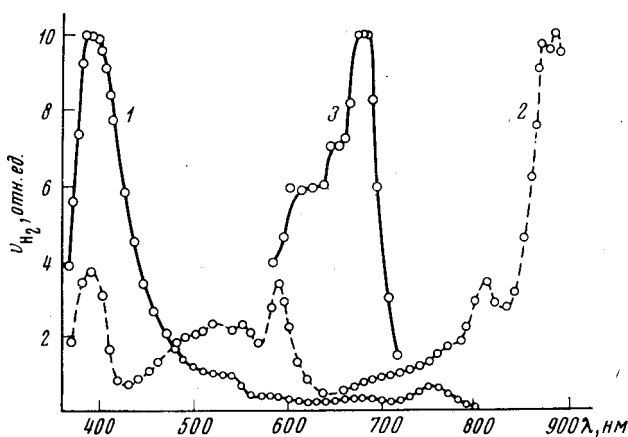


Рис. 4. Спектры действия выделения  $H_2$  у *Rhodospirillum rubrum* (1, 2) и *Phaseolus vulgaris* (3). 1 — газовая фаза воздух + 1%  $CO_2$ ,  $\Delta\lambda=6$  нм; 2, 3 — газовая фаза  $He+1\%$   $CO_2$ ,  $\Delta\lambda=2-4$  нм. Кривая 1 без поправки фона

Для выделения  $H_2$  синезелеными водорослями характерна более низкая (по сравнению с фотосинтезом) эффективность сопровождающих пигментов — фикоэритрина, фикоцианина, аллофикоцианина (максимумы 560—570, 620—630 и 650) и пониженная эффективность длинноволновой формы хлорофилла 682—685 нм. Красная полоса спектра выделения  $H_2$  несколько сдвинута (в противоположность хлорелле) в коротковолновую область. Характерно, что в отличие от хлореллы диурон ( $10^{-5}$  M) не влиял ни на скорость выделения  $H_2$ , ни на спектр действия, что указывает на связь эффекта лишь с фотосистемой I.

Спектр действия выделения водорода в анаэробных условиях *Rhodospirillum rubrum* (рис. 4) близок к спектру действия ингибирования потребления кислорода и к спектру поглощения основных фотосинтетических пигментов (в синей области наблюдается понижение выхода фотопроцессов). Необходимо отметить, что в аэробных условиях в спектре действия выделения водорода проявляется главным образом максимум около 400 нм. Интерпретация полученного эффекта и его связь с участием основных фотосинтетических пигментов, пока затруднительна.

Спектр действия выделения  $H_2$  у высших растений близок к спектру поглощения, но сдвинут в красную область.

Полученные данные показывают, что в процессах выделения водорода и кислорода в разной степени участвуют как общие, так и различные пигментные формы, принадлежащие двум фотосистемам, хотя в выделении водорода основную роль играет, по-видимому, фотосистема I.

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова

Поступило  
2 XI 1974

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> F. P. Healey, *Plant Physiol.*, v. 45, 153 (1970). <sup>2</sup> В. П. Ощепков, А. А. Красновский, *Физиол. раст.*, т. 21, 462 (1974). <sup>3</sup> Ф. Ф. Литвин, Хэ И-тань, Е. И. Ефимцев, *Физиол. раст.*, т. 12, 364 (1965). <sup>4</sup> С. А. Гулалян, *Научн. докл. высш. школы, Биол. науки*, № 5, 126 (1971). <sup>5</sup> R. Wang, F. P. Healey, J. Myers, *Plant Physiol.*, v. 48, 108 (1971). <sup>6</sup> G. Doring, J. Bailey, W. Kreuz et al., *Naturwiss.*, v. 55, 219 (1968).