

ЛАЗЕРНАЯ АКТИВАЦИЯ КИСЛОРОДА В АЭРИРОВАННЫХ РАСТВОРАХ. ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ*

А.А. Красновский, А.С. Козлов, А.С. Бендиткис

*Институт биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр
«Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, г. Москва, Россия*

Суммированы данные, полученные авторами при исследовании фотохимической активности растворенного кислорода и фосфоресценции, возникающей при прямом фотовозбуждении растворенных молекул кислорода в аэрированных средах. В результате получена надежная информация о спектрах поглощения растворенного кислорода при нормальном давлении и температуре в области от 600 до 1300 нм. Данная информация имеет фундаментальное значение для понимания спектроскопии кислорода и его роли как фоторецептора при биологическом действии лазерного излучения.

Ключевые слова: молекулярный кислород, лазерная активация, спектр поглощения, фосфоресценция, биологическое действие лазеров.

Введение

В начале XIX столетия Волластон и Фраунгофер обнаружили серию темных (фраунгоферовых) полос в спектре солнечного света на поверхности Земли (1802–1815 гг.). Последующие работы Бунзена и Кирхгофа (1859–1861 гг.) показали, что эти полосы, в основном, определяются поглощением света атомами различных химических элементов в атмосфере Солнца. Эти открытия привели, как известно, к созданию спектрального анализа атомов и молекул и современным представлениям об их строении. Однако природу самых ярких полос (так называемых фраунгоферовых линий В и А) с максимумами при 688 и 762 нм Бунзену и Кирхгофу выяснить не удалось (см. [1] и ссылки в ней). Происхождение этих полос установил санкт-петербургский естествоиспытатель Н.Г. Егоров, который в работах 1883–1885 гг. доказал, что они принадлежат кислороду Земной атмосферы [2–4]. Работы Егорова были подтверждены Янсенем во Франции [5, 6] и позже многими другими исследователями (см. ссылки в работе [1]). В 1928 г., используя данные Егорова и его последователей, а также принципы теории молекулярных орбиталей, Малликен пришел к заключению, что основное состояние молекул O_2 является триплетным ($^3\Sigma_g^-$), а темно-красные фраунгоферовы линии определяются переходами в молекулах кислорода из основного триплетного состояния на основной и колебательный уровни синглетного $^1\Sigma_g^+$ -состояния. Одновременно Малликен предсказал существование еще одного синглетного уровня ($^1\Delta_g$), имеющего более низкую энергию [7, 8].

Атмосферные полосы поглощения (1268 и 1067 нм), соответствующие переходу молекул кислорода из основного состояния на нулевой и первый колебательные уровни синглетного $^1\Delta_g$ состояния, были обнаружены в работах Герцберга [9, 10] (рис. 1, а, б). Указанные на рис. 1, б молярные коэффициенты поглощения ($\epsilon_{\max}$) в абсорбционных максимумах кислорода в газовой фазе были рассчитаны нами [11, 12] по данным работ [13–16]. Для этого использовали измеренную в этих работах оптическую плотность в максимумах поглощения кислорода при давлении 1 бар, а также объем (24 л) 1 М идеального газа при этом давлении и комнатной температуре.

Все указанные на рисунке переходы запрещены квантово-механическими правилами отбора, поэтому соответствующие абсорбционные коэффициенты очень малы. Особенно низкую интенсивность имеет полоса 1268 нм, абсорбционный коэффициент в максимуме которой в 40 раз меньше, чем в максимуме полосы 762 нм (рис. 1, б), а интегральный абсорбционный коэффициент этой полосы (рассчитанный с учетом полуширины полос) примерно в 300 раз меньше, чем интегральный абсорбционный коэффициент полосы 762 нм. Возможность регистрации кислородных полос в атмосфере – следствие ее большой толщины, обеспечивающей примерно 20 км оптический путь для солнечных лучей. Точное измерение абсорбционных коэффициентов, соответст-

* Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19-04-00331-а) и государственного задания ФИЦ Биотехнологии РАН.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>