

УДК 539.1

## ЯДЕРНО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ЭПР АТОМАРНОГО ПРОТИЯ И ДЕЙТЕРИЯ В УФ-ОБЛУЧЕННЫХ ДЕЙТЕРИРОВАННЫХ ВОДНО-КИСЛОТНЫХ ЛЬДАХ

Б. Ф. Алексеев, С. Г. Федин

Экспериментально доказана определяющая роль взаимодействия ближних квазиэквивалентных ядер с электронами протия или дейтерия в формировании контуров их линий мультиплетов ЭПР в УФ-облученных при 77 К дейтерированных водно-кислотных льдах. Рассмотрены особенности одно- и двухпротонных запрещенных электронно-ядерных переходов в дейтерированных льдах.

При УФ-облучении водно-кислотных льдов с добавками ароматических соединений или солей металлов переменной валентности образуются [1, 2] вследствие реакции фотопереноса электронов атомарные протий и дейтерий, стабильные при 77 К, легко обнаруживаемые методом ЭПР. Основные работы по льдам, выполненные с использованием ЭПР, относятся к протию: изучена кинетика его генерирования и отжига [3], спин-решеточная [4] и фазовая [5] релаксации, спиновая диффузия [6] и др. Атомарный дейтерий в низкотемпературных водно-кислотных льдах исследовался методом ЭПР, в основном, с целью иллюстрирования возможности его генерирования в реакциях фотопереноса электрона [1-3] и определения коэффициента изотопного разделения [7-9]. До сих пор не изучен подробно вопрос о роли ядерно-электронных эффектов в формировании контура линии ЭПР протия и дейтерия в водно-кислотных льдах. В данной работе несколькими дополняющими друг друга методами показано, что линии ЭПР водородов, как и электронов в  $\gamma$ -облученных водно-щелочных стеклах [11], имеют неразрешенную суперпозиционную структуру, обусловленную взаимодействием электронов с ближними ядрами.

### 1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И ХАРАКТЕРНЫЙ СПЕКТР

Смеси  $H_2O$ ,  $D_2O$  и  $H_2SO_4$  (иногда  $D_2SO_4$ ) или  $H_3PO_4$  с добавлением гидрохинона или бензола замораживались и облучались при 77 К полным светом лампы ДКСШ-1000. Световой поток, проходящий через лед, отражался и фокусировался сферическим зеркалом на пробу; таким приемом интенсивность облучения увеличивалась в  $\sim 2$  раза. Насыщение в выходе протия и дейтерия наступало через 10—15 минут после начала фотоллиза. Наибольшие концентрации стабилизированных атомов протия и дейтерия составляли  $(5 \div 10) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Спектры ЭПР детектировались на частоте 10 ГГц стандартным спектрометром ЭПР.

На рис. 1 приведен полный спектр ЭПР смеси равных объемов  $H_2O$ ,  $D_2O$  и  $D_2SO_4$  с добавкой 0,1 моль/л бензола. Линии 1, расщепление между которыми 505 Гс, — дублет атомарного протия. Линии 2 — триплет дейтерия с полным расщеплением 78 Гс. Мультиплеты водородов имеют одинаковую ширину  $\Delta H = 3,5 \pm 0,1 \text{ Гс}$  (между экстремумами

первой производной). Центральная линия триплета дейтерия замаскирована интенсивным сигналом бензольного радикала. Линии 3 принадлежат радикалу  $\text{НСO}^\bullet$ , образующемуся в небольших количествах при фотолизе льда.

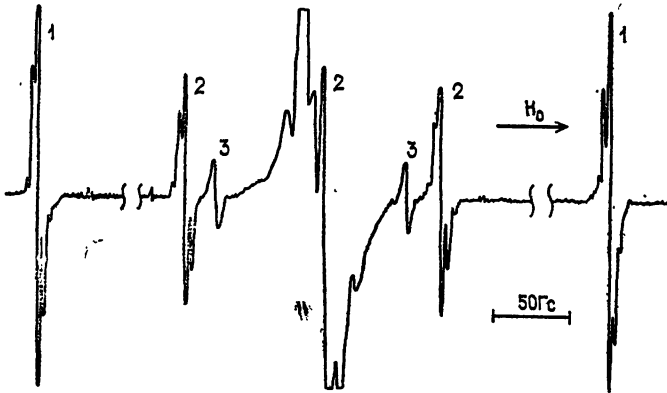


Рис. 1. Спектр ЭПР в УФ облученном при 77 К водно-кислотном дейтерированном льду.

В окрестностях любой линии мультиплетов водорода в условиях их заметного насыщения проявляются две пары сателлитов на интервалах 5 и 10 Гс от центра линии. Внутренняя пара принадлежит однопротонным, крайняя — двухпротонным запрещенным переходам (ЗП). ЗП в спектре протия наблюдались в идентичных и родственных ситуациях неоднократно [1–3, 12, 13] (см. также обзор [14]). В спектре дейтерия однопядерные электронно-протонные ЗП замечены только в работе Оно [7]. По-видимому, двухпротонные ЗП в ЭПР дейтерия описываются здесь впервые. Проявление их (как и в спектре протия) связывается с отсутствием во льду парамагнитных ионов и высокорезактивных радикалов, укорачивающих времена водородной релаксации и затрудняющих насыщение линий мультиплетов. При замене бензола или гидрохинона на соли металлов переменной валентности наблюдать двухъядерные ЗП не удавалось.

## 2. ФОРМА ЛИНИЙ МУЛЬТИПЛЕТОВ ПРОТИЯ И ДЕЙТЕРИЯ

Неоднократно [8, 10] отмечался факт легкой насыщаемости линий ЭПР протия и дейтерия, обнаруживаемой при амплитуде СВЧ-поля в резонансе, значительно меньшей ширины линий. На рис. 2 представлена кривая насыщения высокополевой линии ( $I_0$ ) триплета дейтерия; из условия экстремальности этой кривой возможно оценить полуширину насыщаемой линии как  $\delta H = \gamma_s H_1^2 T_1$ . Для ситуации рис. 2 время  $T_1 \sim 10$  мс [6], тогда  $\delta H \approx 0,1$  Гс  $\ll \Delta H$ . Линии мультиплетов являются, таким образом, огибающими легконасыщаемых линий изохроматических групп электронов. Среднее расстояние между ближними атомами водорода при их наибольшей концентрации  $N \approx 10^{18}$  см<sup>-3</sup> и в предположении равномерного распределения [21] составляет  $r = 2(3/4\pi N)^{1/3} \approx 120$  Å; локальное поле, создаваемое электроном в месте расположения соседа,  $\sim \gamma_s \hbar / r^3 \approx 0,01$  Гс  $\ll \Delta H, \delta H$ . Суперпозиционную структуру мультиплетов естественно, поэтому, связать с эффектами взаимодействия s-электрона водорода с ближними ядрами матрицы.

Форму огибающей суперсверхтонкой структуры (ССТС) при взаимодействии электрона с  $n$  ядрами можно рассчитать по рецепту Клогстона и др. [15, 16]: нужно раскрыть произведение

$$2^{-n} \prod_{i=1}^n [p_i(x^{s_i} + x^{-s_i}) + q_i(x^{r_i} + x^{-r_i})], \quad (1)$$

где  $s_i = (1/2)(\epsilon_{-1/2}^i - \epsilon_{1/2}^i)$ ;  $r_i = (1/2)(\epsilon_{-1/2}^i + \epsilon_{1/2}^i)$ ;  $m \epsilon_{\pm 1/2}^i$  — энергия  $i$ -го ядра в эффективном поле, соответствующем  $M = \pm 1/2$ ;  $m$  и  $M$  — магнитные квантовые числа  $i$ -го ядра и электрона;  $p_i$  и  $q_i$  — относительные вероятности разрешенных и запрещенных переходов для пары  $i$ -е ядро — электрон (выражения для этих вероятностей имеются в работах [14, 16, 17]). Каждое слагаемое в (1) соответствует определенной компоненте ССТС; коэффициент при  $x$  определяет относительную интенсивность линии, а показатель степени — энергию перехода.

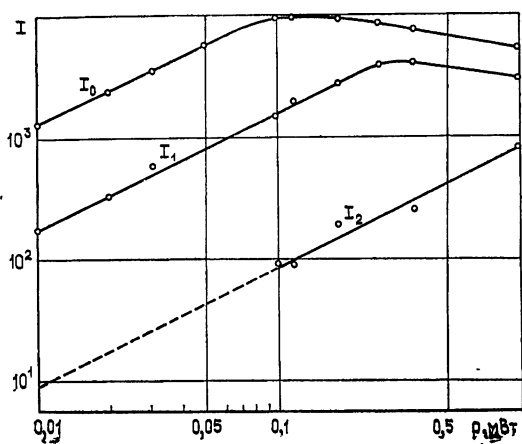


Рис. 2. Зависимость интенсивностей (относительные единицы) разрешенного и запрещенных переходов в высокополево́й линии триплета дейтерия от СВЧ-мощности в резонаторе.

Структура ядерного окружения атомарного водорода в водно-кислотных льдах неизвестна. Оправданным для использования правила (1) упрощением является предположение о квазиэквивалентности ядер и  $q \approx 0$  (в  $x$ -диапазоне для льда  $q/p \sim 0,1$ ; см. табл. 2). Тогда (1) сводится к биномиальному распределению, а последнее при достаточно большом  $n$  [18, 19] переходит в распределение Гаусса:

$$I_0(\Delta) = I_0(0) \exp(-\Delta^2/2\sigma_r^2), \quad \Delta = H - H_0. \quad (2)$$

Соответствие наблюдаемой и ожидаемой форм линий ЭПР в ряде предельных случаев можно установить методом линейных анаморфоз [20]. На рис. 3 приведены анаморфозы высокополево́й линии дейтерия в растворе 0,2 молярных доли (м. д.)  $H_2SO_4$  в смеси  $H_2O$  и  $D_2O$  при 77 К и СВЧ-мощности в резонаторе 30 мкВт, заведомо ненасыщающей линию (см. рис. 2). Несомненно, что форма наблюдаемой линии лучше аппроксимируется гауссовой функцией, чем лоренцевой. Такие же результаты получены для всех компонент мультиплетов протия и дейтерия при их концентрациях  $10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$  в водных растворах серной (0,1—0,8 м. д.) и ортофосфорной (0,1—0,5 м. д.) кислот.

При СВЧ-мощности, насыщающей линию, их форма изменяется.

Центральная часть лучше аппроксимируется лоренцевой функцией. На рис. 3 показаны пунктиром линейные анаморфозы линии дейтерия для мощности в резонаторе около 1 мВт. В области  $|\Delta| < 4$  Гс зависимость  $\lg(\Delta/I_0')$  от  $\Delta^2$  нелинейна, а  $(\Delta/I_0')^{1/2} = f(\Delta^2)$  — линейна. В этом эксперименте проявляется, по-видимому, малоизученный эффект трансформирования формы неоднородно-уширенной линии ЭПР при ее сильном насыщении.

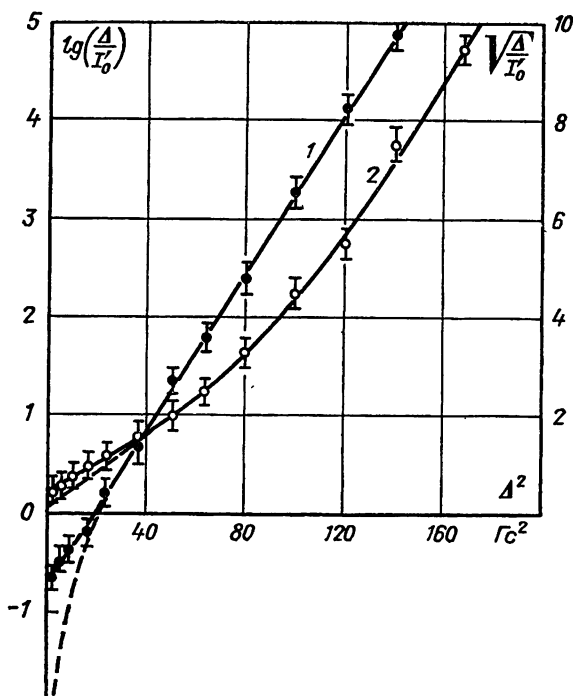


Рис. 3. Линейные анаморфозы линии ЭПР дейтерия в координатах, соответствующих гауссовой (1) и лоренцевой (2) форме линии.

Метод линейных анаморфоз дает надежные результаты для спектров с большим отношением сигнал/шум. При концентрациях атомов водорода  $10^{15} - 10^{17}$  см $^{-3}$  для определения формы компонент мультиплетов использован метод моментов. Известно, что отношение  $\alpha = M_4/M_2^2$  ( $M_4$  и  $M_2$  — четвертый и второй моменты линии) равно трём для гауссовой линии и бесконечности для лоренцевой. Вычисление  $\alpha$  осуществлялось численным методом интегрирования половины производной ненасыщенного сигнала. Разбивая интервал интегрирования  $\Delta_p$  на  $p$  отрезков одинаковой ширины  $\delta\Delta$  и обозначая  $\Delta_k$  координату центра  $k$ -го отрезка, получаем

$$\alpha \approx \frac{9}{5} \frac{\sum_{k=1}^p I_0'(\Delta_k) k^5}{\left(\sum_{k=1}^p I_0'(\Delta_k) k^3\right)^2} \sum_{k=1}^p I_0'(\Delta_k) k. \quad (3)$$

Число разбиений  $p$  выбиралось равным отношению сигнал/шум для максимума производной ( $G_m$ ); при этом погрешности вычисления  $\alpha$ , связанные с квантованием сигнала и «обрезанием» его на уровне шума,

сравнимы по величине. Результирующая погрешность при  $p \geq 5$  составляет  $\delta\alpha/\alpha \approx 4,1/G_m$ .

Таблица 1

Отношение  $\alpha$  высокополевой линии дейтерия для различных его концентраций

$[D] \cdot 10^{-16}$ , $см^{-3}$	$G_m$	$\Delta_p/\Delta H$	$\alpha$	$\delta\alpha/\alpha$ , %	$\alpha_L$	$\alpha_G$
0,05	5	2	1,85	80	2,65	2,00
0,2	20	4	2,15	20	3,01	2,36
1	100	6	2,50	4	3,60	2,45
10	1000	8	2,70	0,4	4,10	2,65

Рассчитанные по указанной методике отношения  $\alpha$  являются функциями параметра  $\Delta_p/\Delta H$ . В табл. 1 приведены значения  $\alpha$  для высокополевой линии дейтерия при различных его концентрациях, стабилизированного в матрице ортофосфорной кислоты (0,2 м.д.). Для сравнения указаны значения  $\alpha$  лоренцевой ( $\alpha_L$ ) и гауссовой ( $\alpha_G$ ) кривых при идентичных условиях квантования и «обрезания». На рис. 4 показаны зависимости  $\alpha_L$ ,  $\alpha_G$  и экспериментальных значений  $\alpha$  от  $\Delta_p/\Delta H$  для матриц серной и ортофосфорной кислот. Таблица и рисунок свидетельствуют о близости формы линий к гауссовой. Подобные результаты

следуют для всех линий мультиплетов водорода. Несомненно, таким образом, что в интервале концентраций водорода  $0,5 \cdot 10^{15} - 10^{18} см^{-3}$  форма ненасыщенных линий мультиплетов ЭПР хорошо описывается гауссовой функцией, как это и ожидается в соответствии с правилом Клогстона.

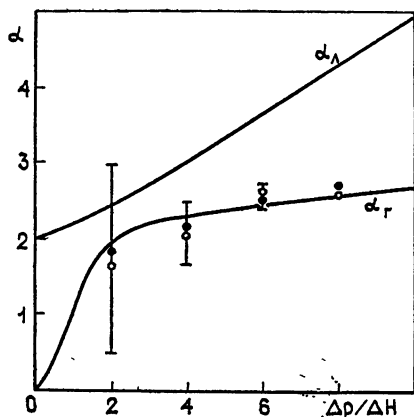


Рис. 4. Значения  $\alpha$  для линии дейтерия в матрицах ортофосфорной (темные точки) и серной (светлые точки) кислот. Сплошные линии — расчетные для лоренцевой ( $\alpha_L$ ) и гауссовой ( $\alpha_G$ ) кривых.

### 3. ШИРИНА ЛИНИЙ МУЛЬТИПЛЕТОВ ПРОТИЯ И ДЕЙТЕРИЯ

Ширина линий мультиплетов ЭПР в границах погрешности измерений  $\pm 0,1 Гс$  не зависит от концентрации водорода при изменении последней от  $10^{15}$  до  $10^{18} см^{-3}$ . При увеличении концентрации  $H_2SO_4$  от 0,02 до 0,5 м.д. линии протия и дейтерия сужаются от 3,9 до 3,3 Гс. Наибольшая ширина соответствует поликристаллической фазе; в стеклообразных пробах ширина линий меняется от 3,6 до 3,3 Гс. В матрицах ортофосфорной кислоты с увеличением кислотности линии сужаются от 4,2 до 3,8 Гс. Зависимость ширины линий протия и дейтерия от концентрации  $H_2SO_4$  приведена на рис. 5.

Сужение линии при увеличении концентрации кислоты можно связать с уменьшением концентрации протонов, следовательно, числа ядер ближнего окружения Is-электрона водорода, обуславливающих нераз-

решенную ССТС. Сужение линии должно проявляться тогда и при дейтерировании матриц за счет замещения протонов дейтонами.

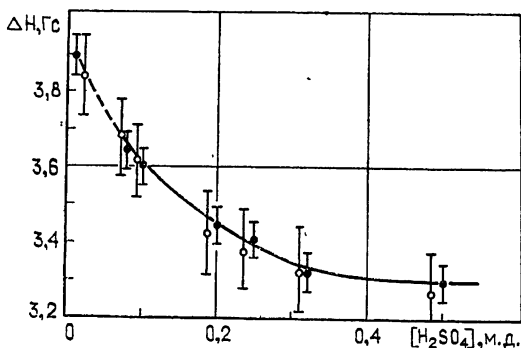


Рис. 5. Зависимость ширины линии протия (темные точки) и дейтерия (светлые точки) от концентрации серной кислоты в водно-кислотных матрицах при 77 К. Пунктиром выделена область изменения кислотности, в которой матрица поликристаллическая.

С увеличением дейтерирования линии всех мультиплетов ЭПР сужались, как показано на рис. 6. Для льда с серной кислотой при его почти полном дейтерировании ширина линий уменьшалась от 3,6 до 0,95 Гс, т. е. в 3,8 раза. В рассматриваемой модели ожидаемый коэффициент сужения

$$(\gamma_H/\gamma_D) [I_H(I_H + 1)/I_D(I_D + 1)]^{1/2} \approx 4 \quad (4)$$

хорошо согласуется с наблюдаемым. На рис. 6 указаны также значения, полученные из данных рис. 5 пересчетом содержания протонов на 1 см<sup>3</sup>; эти значения хорошо совпадают с данными, полученными в дейтерированных пробах при [D] < 30%. С общим ходом зависимости  $\Delta H = f([D])$  согласуются и значения ширины линий, найденные в [21] для  $\gamma$ -продуцированного водорода во льду с хлорной кислотой, указанные также на рис. 6.

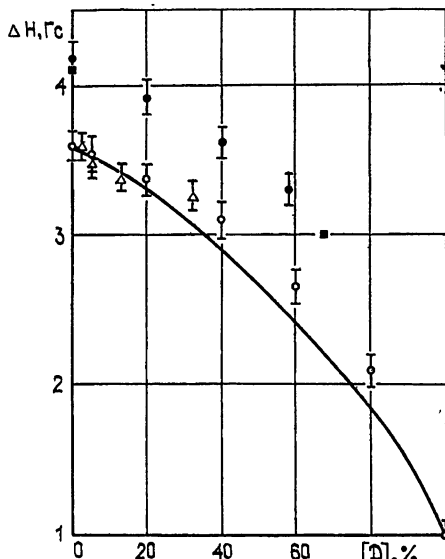


Рис. 6. Зависимость ширины линии водорода от степени дейтерирования льдов с H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (темные точки), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (светлые точки) и HClO<sub>4</sub> (квадратики). Значения (треугольники) получены из данных рис. 5 пересчетом содержания протонов на 1 см<sup>3</sup>. Сплошная линия—расчетная по формуле (6).

В работе [22] для  $\gamma$ -генерированного водорода в кислотных льдах наблюдались более широкие линии, чем в наших экспериментах. Рас-

хождение результатов можно объяснить отсутствием в наших условиях парамагнитных центров  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  и др., образующихся при радиоллизе. В пользу этого утверждения свидетельствует факт увеличения  $\{^{22}\}$  ширины линий при  $\gamma$ -облучении после того, как концентрация атомарного водорода достигла максимального значения.

Характер зависимости  $\Delta H = f([D])$  можно в рассматриваемой модели просто интерпретировать. Обозначим  $\xi$  — вероятность того, что из  $n$  ближних ядер, обуславливающих ССТС,  $l$  ядер — дейтоны ( $\xi = l/n$ ). Вследствие аддитивности второго момента

$$M_2 \approx (1 - \xi) M_{2(\text{H})} + \xi M_{2(\text{D})}, \quad (5)$$

где  $M_{2(\text{H})}$  и  $M_{2(\text{D})}$  — вторые моменты линии в соответственно полностью протированных и дейтерированных льдах. Если принять  $M_2^{1/2} = k\Delta H$  и коэффициент  $k$  не зависящим от  $\xi$ , то вместо (5) имеем

$$\Delta H \approx [(1 - \xi) \Delta H_{(\text{H})}^2 + \xi \Delta H_{(\text{D})}^2]^{1/2}. \quad (6)$$

На рис. 6 сплошной линией показан вид функции (6) для  $\Delta H_{(\text{H})} = 3,6$  Гс и  $\Delta H_{(\text{D})} = 0,95$  Гс. Расхождение расчетных и экспериментальных значений в средней части рисунка связано, по-видимому, с неучтенной зависимостью коэффициента  $k$  от  $\xi$ , более существенной при промежуточных  $\xi$ .

Данные разд. 2 и 3 свидетельствуют, таким образом, о том, что форма и ширина мультиплетов ЭПР протия и дейтерия в кислотных льдах обусловлены эффектами взаимодействия электрона водорода с протонами и дейтонами ближнего окружения.

#### 4. ЗАПРЕЩЕННЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ЭПР ПРОТИЯ И ДЕЙТЕРИЯ

Хотя ЗП в спектре рис. 1 разрешены недостаточно, несомненно все же, что они принадлежат одно- и двухпротонным электронно-ядерным переходам, возможным при дипольном спиновом взаимодействии  $[^{14-17}]$ . Для определения отношения интенсивностей ЗП и разрешенного перехода (РП) мы моделировали на ЭВМ производную высокополевой линии водорода пробной функцией:

$$F(\Delta) = \Delta \exp(-0,154 \Delta^2) + A \{(\Delta - 4,9) \exp[-0,154(\Delta - 4,9)^2] + \\ + B(\Delta - 9,8) \exp[-0,154(\Delta - 9,8)^2]\}. \quad (7)$$

Предполагалось, иначе, что спектр имеет три набора линий, соответствующих одновременным переворотам спинов электронов и 0; 1 и 2 протонов. Все линии описывались гауссовыми функциями (см. разд. 2) с  $\Delta H = 3,6$  Гс и предполагались смещенными друг относительно друга на  $\Delta_0 = 4,9$  Гс. Из сопоставления смоделированного спектра с реальным и по снятым кривым насыщения РП и ЗП от уровня СВЧ-мощности (рис. 2) можно определить отношения интенсивностей ненасыщенных линий, приведенные в табл. 2 (концентрации кислот 0,2 м.д.). Поскольку вероятность одноядерного ЗП  $\sim r^{-6}$ , а двухядерного  $\sim r^{-12}$ , где  $r$  — электронно-ядерное расстояние, из табл. 2 следует, что 1) лед ортофосфорной кислоты стабилизирует водород в ловушках большего размера, чем лед серной кислоты (см. также  $[^{12}]$ ); 2) при отжиге льда в течение нескольких часов при 77 К и последующей кратковременной выдержке при комнатной температуре протий и дейтерий перераспределяются на ловушки большего размера.

Таблица 2

Отношение интенсивностей одноядерного ( $I_1$ ) и двухядерного ( $I_2$ ) ЗП к интенсивности РП ( $I_0$ ) для слабодейтерированных льдов

Кислота	Из спектра протия		Из спектра дейтерия	
	$I_1/I_0$	$I_2/I_0$	$I_1/I_0$	$I_2/I_0$
$H_2SO_4$	0,145 (0,128)*	0,005 (0,0037)	0,139 (0,123)	0,005 (0,003)
$H_3PO_4$	0,128 (0,085)	0,004 (0,0017)	0,124 (0,083)	0,003 (0,0015)

\* В скобках указаны отношения интенсивностей после отжига льдов.

Данные табл. 2 приведены для слабодейтерированных ( $\sim 0,5\%$ ) матриц, когда дейтерий не влияет еще заметным образом на ширину и интенсивность ЗП. На рис. 7 изображена зависимость относительной интенсивности однопротонного ЗП ( $I_1/I_0$ ) от степени дейтерирования сернокислотного льда. Уменьшение интенсивности ЗП при увеличении содержания дейтерия для рассматриваемой модели естественно. Необычным представляется нелинейный характер зависимости  $I_1/I_0 = f([D])$ . Эффект связан, возможно, с усложнением структуры энергетических уровней и механизма перемешивания волновых функций в системе электрон — квазиэквивалентные протоны. Ранее такой эффект рассматривался для электрона, взаимодействующего изотропно с несколькими ядрами [23].

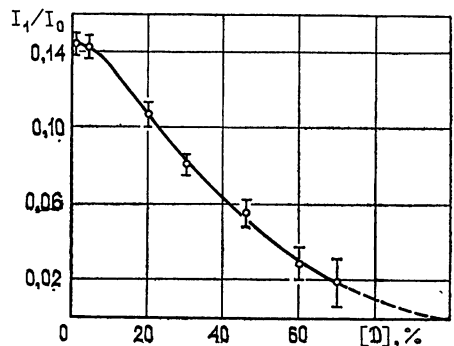


Рис. 7. Зависимость относительной интенсивности однопротонного ЗП от степени дейтерирования сернокислотного льда.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Н. Шелимов, Н. Н. Бубнов, Н. В. Фок, В. В. Воеводский, ДАН СССР, 134, 145 (1960).
2. Н. Н. Бубнов, В. В. Воеводский, Н. В. Фок, Б. Н. Шелимов, Оптика и спектроскопия, 11, 78 (1961).
3. R. Livingston, H. Zeldes and E. H. Taylor, Disc. Faraday Soc., 19, 166 (1955).
4. А. Д. Милов, К. М. Салихов, Ю. Д. Цветков, ФТТ, 14, 2211 (1972).
5. А. Д. Милов, К. М. Салихов, Ю. Д. Цветков, ФТТ, 15, 1187 (1973).
6. А. Д. Милов, К. М. Салихов, Ю. Д. Цветков, ФТТ, 14, 2259 (1972).
7. Shin-ichi Ohno, Bull. Chem. Soc. Japan, 41, 1301 (1968).
8. Б. Ф. Алексеев, А. М. Белоногов, В. З. Драпкин, А. С. Сердюк, С. Г. Федин, Изв. ЛЭТИ, вып. 167, 105 (1975).
9. С. Г. Федин, Изв. ЛЭТИ, вып. 205, 16 (1976).
10. Б. Ф. Алексеев, А. С. Сердюк, С. Г. Федин, сб. Спектроскопия диэлектриков и процессы переноса, Л., 1, 38 (1973).
11. Б. Г. Ершов, О. Я. Гринберг, Я. С. Лебедев, Ж. структ. химии, 9, 694 (1968).
12. M. Bowman, L. Kevan and R. N. Schwartz, Chem. Phys. Lett., 30, 208 (1975).



13. W. Köhnlein and J. H. Venable, *Nature*, **215**, 618 (1967).
14. Б. Ф. Алексеев, *Изв. вузов — Радиофизика*, **18**, № 12, 1727 (1975).
15. A. M. Clogston, J. P. Gordon, V. Jaccarino, M. Peter and L. R. Walker, *Phys. Rev.*, **117**, 1222 (1960).
16. Т. И. Санадзе, Г. Р. Хуцишвили, *ЖЭТФ*, **56**, 454 (1969).
17. Б. Ф. Алексеев, *ФТТ*, **18**, 1120 (1976).
18. G. W. Parker, *Amer. J. Phys.*, **38**, 1432 (1970).
19. Ж. Вантер, в кн. *Квантовая оптика и радиофизика*, изд. Мир, М., 1966.
20. Н. Н. Тихомирова, В. В. Воеводский, *Оптика и спектроскопия*, **7**, 829 (1959).
21. Б. Г. Ершов, Г. П. Чернова, О. Я. Гринберг, Я. С. Лебедев, *Изв. АН СССР, серия химическая*, № 11, 2439 (1968).
22. R. Livingston and A. J. Weinberger, *J. Chem. Phys.*, **33**, 499 (1960).
23. Б. Ф. Алексеев, А. С. Сердюк, *Изв. вузов — Радиофизика*, **17**, № 11, 1733 (1974).

Ленинградский электротехнический институт  
им. В. И. Ульянова (Ленина)

Поступила в редакцию  
3 мая 1977 г.

NUCLEAR-ELECTRON EFFECTS IN EPR OF ATOMIC PROTIUM  
AND DEUTERIUM IN DEUTERATED AQUA-ACID ICE ILLUMINATED  
BY UV-RADIATION

- B. F. Alekseev, S. G. Fedin

The principle role of interaction of close quasi-equivalent nuclei with protium or deuterium electrons is experimentally proved in contour formation of their EPR multiplet lines deuterated aqua-acid ice illuminated by UV-radiation at 77 K. Peculiarities of one and two-protium forbidden electron-nuclear transitions in deuterated ice are considered.

---