



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АКАДЕМИИ НАУК СССР
им. П.Н. ЛЕВЕДЕВА

В.И. Лушиков, А.А. Маненков, Ю.В. Таран

P-831

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ПРОТОНОВ
В ПЕРЕКИСЯХ ВОДОРОДА
И ТРЕТИЧНОГО БУТИЛА

Дубна 1961

В.И. Лушиков, А.А. Маненков, Ю.В. Таран

P-831

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ПРОТОНОВ
В ПЕРЕКИСЯХ ВОДОРОДА
И ТРЕТИЧНОГО БУТИЛА

Соединский институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

1268/4 38

А н н о т а ц и я

Исследовалась динамическая поляризация протонов в перекисях водорода и третичного бутила. Сигнал протонного магнитного резонанса для перекиси водорода увеличивается в 3,5 раза при насыщении электронного парамагнитного резонанса /ЭПР/ свободных радикалов при температуре $1,6^{\circ}\text{K}$. Для перекиси третичного бутила получено 12-кратное увеличение поляризации протонов при температуре $4,2^{\circ}\text{K}$ и 8-кратное при $1,6^{\circ}\text{K}$. Измерены времена спи-решеточной ядерной релаксации.

The dynamic polarization of protons in H_2O_2 and $[(\text{CH}_3)_3\text{CO}]_2$ has been investigated. The signal of the proton magnetic resonance for H_2O_2 is increased as much as 3.5 . 3.5 times in saturating the electronic paramagnetic resonance of free radicals at the temperature of 1.6°K . For $[(\text{CH}_3)_3\text{CO}]_2$ the proton polarization is 12 times greater at 4.2°K and 8 times — at 1.6°K . The lifetimes of the spin-lattice nuclear relaxation have been obtained.

В настоящей работе исследовалась динамическая поляризация протонов в 50% -перекиси водорода H_2O_2 и 100% -перекиси третичного бутила $/CH_3/_3CO_2$, которая имеет место при насыщении электронного парамагнитного резонанса "запрещенных" микроволновых переходов свободных радикалов. Указанные вещества исследовались с целью создания поляризованной протонной мишени.

Исследуемая перекись помещалась в кварцевую ампулу объемом $0,2\text{см}^3$, замораживалась в жидком азоте и облучалась ультрафиолетом в течение нескольких часов. Источником ультрафиолета служила ртутная лампа сверхвысокого давления ^{1/}. Ампула с облученной перекисью помещалась в резонатор через специальное отверстие в широкой стенке резонатора. Отверстие незначительно ухудшало добротность резонатора. Увеличение поляризации протонов в перекиси при насыщении ЭПР определялось по усилению сигнала ядерного магнитного резонанса протонов /ЯМР/. Экспериментальная установка для совместного наблюдения ЭПР и ЯМР описана в работах ^{2,3/}.

Спектр ЭПР облученной 50% перекиси водорода вместе с линией ЭПР дефинилпикрилгидразида /ДФПГ/ при температуре $1,8^\circ\text{K}$ показан на рис. 1. Перекись давала на частоте 9300 мгц широкую асимметричную линию, форма которой в основном определяется анизотропным уширением ^{1/}. Ширина линии на половине пиковой интенсивности равна ~ 60 э. Сравнение интенсивности линии ЭПР H_2O_2 с интенсивностью ДФПГ, вес которого известен, позволяет оценить концентрацию свободных радикалов в H_2O_2 . Концентрация оказалась равной $\sim 5 \times 10^{19} \text{см}^{-3}$ или $\sim 0,2\%$ относительно полного числа молекул H_2O_2 /время облучения ультрафиолетом 11 часов/.

Увеличение поляризации протонов характеризуется коэффициентом динамического усиления η , равного отношению сигнала ЯМР при наличии насыщения ЭПР свободных радикалов к сигналу ЯМР в отсутствии насыщения ЭПР радикалов. Обозначим через η коэффициент динамического усиления ЯМР при насыщении запрещенного ⁺ перехода $\omega_{\text{э}} \mp \omega_{\text{я}}$, где $\omega_{\text{э}}$ - частота разрешенной линии ЭПР, $\omega_{\text{я}}$ - частота ядерного перехода.

При температуре $4,2^\circ\text{K}$ наблюдалось очень слабое динамическое усиление сигнала ЯМР при насыщении ЭПР свободных радикалов H_2O_2 . Коэф-

коэффициент усиления равнялся $\eta_+ = 1,25$ /насыщался переход $\omega_{\text{э}} - \omega_{\text{я}}$ /. При температуре $1,6^\circ\text{К}$ получены значения $\eta_- = 2$ и $\eta_+ = 3,5 \pm 0,5$. Время ядерной спин-решеточной релаксации при $1,6^\circ\text{К}$ - $T_{1\text{я}} = 1$ сек. Микроволновая мощность, необходимая для насыщения ЭПР, оказалась равной ~ 20 мвт при добротности резонатора $Q \sim 1000$.

Затем исследовалась перекись третичного бутила $/\text{CH}_3/\text{CO}_2$. Продолжительность облучения ультрафиолетом при температуре 77°К равнялась ~ 7 часам. Зависимость коэффициента динамического усиления η сигнала ЯМР от напряженности внешнего магнитного поля при температурах $4,2^\circ$ и $1,6^\circ\text{К}$ показана на рис. 2. Максимальное усиление при $4,2^\circ\text{К}$ равно 12 ± 2 и при $1,6^\circ\text{К}$ - 8 ± 1 . Расстояние между максимальными значениями η_- и η_+ равно $\sim 75 \text{ э}$ /ширина линии ЭПР на половине пиковой интенсивности $\sim 80 \text{ э}$ /. Мощность клистрона, необходимая для насыщения ЭПР, равна ~ 10 мвт при добротности резонатора $Q \sim 1000$.

Разрушение и рост поляризации после выключения и включения мощности, насыщающей ЭПР, соответственно, описываются, как и в случае с полиэтиленом ^{/2/}, суммой двух экспонент. Если обозначить через $T_{1\text{я}}$ время ядерной спин-решеточной релаксации, то при $1,6^\circ\text{К}$ первая экспонента имеет короткое время релаксации $T'_{1\text{я}} = /1,6 \pm 0,2/$ сек, а вторая экспонента - длинное время $T''_{1\text{я}} = /11 \pm 3/$ сек. Вклад $T'_{1\text{я}}$ в релаксацию равен $\sim 70\%$, причем времена разрушения поляризации $T'_{1\text{я}}$ и $T''_{1\text{я}}$ совпадают с временами нарастания поляризации $\tau'_{1\text{я}}$ и $\tau''_{1\text{я}}$: $\tau'_{1\text{я}} = T'_{1\text{я}}$, $\tau''_{1\text{я}} = T''_{1\text{я}}$. Измерение времени электронной спин-решеточной релаксации не производилось, поэтому причина уменьшения усиления с понижением температуры оставалась неясной.

Описанные эксперименты проведены с целью поиска подходящих веществ для поляризованной протонной мишени. Исследованные вещества дают сравнительно небольшой коэффициент динамического усиления. Это, вероятно, связано с тем, что, во-первых, не очень благоприятно соотношение времен ядерной и электронной спин-решеточной релаксации, во-вторых, указанные вещества имеют очень широкие линии ЭПР. Наличие широкой линии ЭПР не позволяет произвести насыщение одной из запрещенных ли-

ний без частичного насыщения другой линии, дающей усиление с обратным знаком.

В заключение авторы выражают благодарность С.Д. Кайтмазову за содействие в облучении перекисей.

Л и т е р а т у р а

1. С.Д. Кайтмазов, А.М. Прохоров. Сборник докладов на совещании по парамагнитному резонансу. Изд-во Казанского Университета, 1960 г.
2. В.И. Лушиков, А.А. Маненков, Ю.В. Таран. ЖФТ , в печати.
3. В.И. Лушиков, А.А. Маненков, Ю.В. Таран. Препринт Д-760, Дубна, 1961 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 ноября 1961 г.

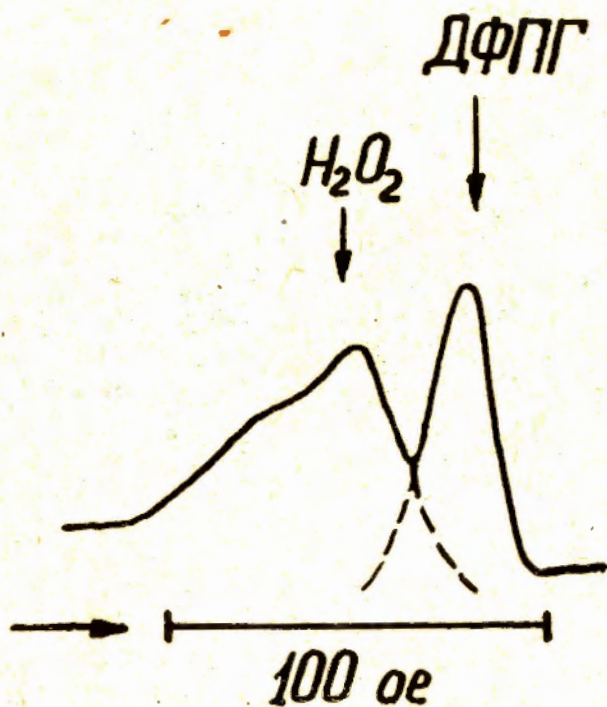


Рис. 1. Спектр ЭПР облученной 50% - перекиси водорода при $1,6^\circ\text{K}$.

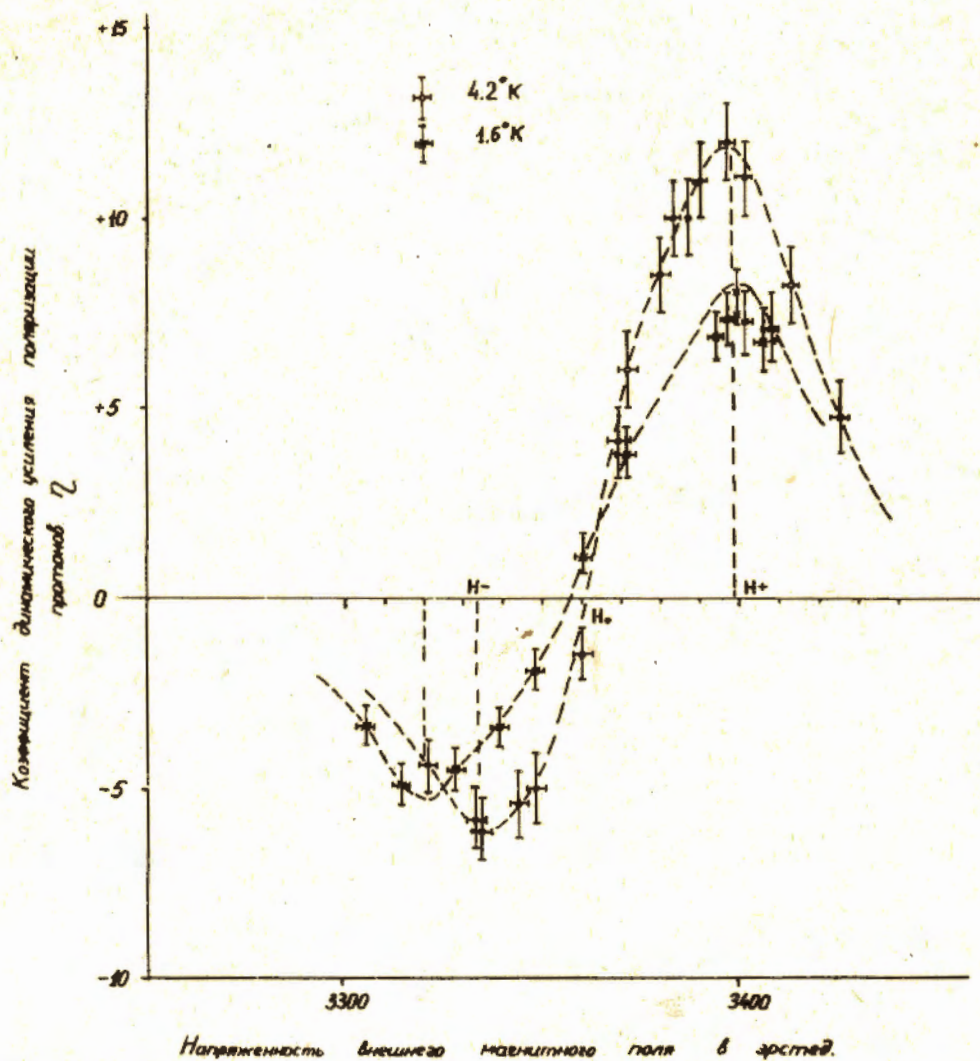


Рис. 2. Зависимости коэффициента динамического усиления поляризации протонов η от напряженности внешнего магнитного поля для перекиси бутила.