

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ  
СОЕДИНЕНИЯ

Том (A) XI

1969

№ 12

УДК 678.01:53:678.55

ИК-СПЕКТР ПОЛИОКСИПРОПИЛЕНА

Э. Ф. Вайнштейн, И. В. Кумпаненко, С. Г. Эйтелис

В последнее время большое практическое и теоретическое значение приобрели полимеры на основе циклических  $\alpha$ -окисей. Первым в ряду таких гомополимеров стоит полиоксипропилен (ПОП). Изучение ИК-спектров таких полимеров позволяет использовать их для решения аналитических задач, связанных со строением полимеров, а также для выяснения ряда вопросов, связанных с процессами их получения. В литературе описан спектр ПОП [1, 2] и сделано его отнесение. В данной работе также рассмотрен ИК-спектр ПОП и на основе его отнесения сделано предположение о возможности использования полученных данных для решения ряда аналитических задач.

Методика эксперимента

ИК-спектры снимали на спектрофотометре UR-10, используя образцы в виде тонких пленок и на стекле КВг в интервале 400—4000  $\text{см}^{-1}$ . Изучали образцы ПОП, полученные на катализаторах  $\text{BF}_3$  ( $M = 10^2 - 2 \cdot 10^3$ ) и частично гидролизованном комплексе хлорного железа с окисью пропилена ( $M = 10^4 - 10^5$ ).

**Спектр изолированной цепочки.** Применение методов теории групп для анализа спектра возможно только для полностью кристаллического полимера [3, 4]. Такой спектр во всех описанных случаях был получен его экстраполяцией к спектру полимера со 100%-ной степенью кристалличности. В этом случае оказывается возможным получить все характерные особенности спектра из рассмотрения изолированной бесконечной цепи как одномерного кристалла [5].

Молекула изотактического кристаллического ПОП представляет собой плоский зигзаг (спираль 2<sub>1</sub>) [6]. В период идентичности входят 20 атомов. Одномерная пространственная группа такой цепи описывается фактор-группой  $C(\pi)$ , изоморфной точечной группе  $C_2$  [7, 8]. Данная группа — циклическая. В табл. 1 приведены характеры, число нормальных колебаний и правила отбора для такой цепи.

Для полимеров общее число колебаний равно  $3N - 4$ , что для ПОП дает 56 колебаний. Истинное число колебаний будет меньше 56\*, так как область ниже 400  $\text{см}^{-1}$  не рассматривается, часть полос обладает малой интенсивностью и не обнаруживается и полосы различных колебаний перекрываются.

В соответствии с табл. 1 эти 56 колебаний разделяются следующим образом: 18 колебаний  $\text{CH}_3$ -группы, (9 типа А и 9 типа В), 12 колебаний  $\text{CH}_2$ -группы (6 типа А и 6 типа В), 6 колебаний  $\text{CH}$ -группы (3 типа А и 3 типа В), остальные колебания относятся к скелету и  $\text{COC}$ -группе.

\* Полосы, появление которых обязано кристаллической структуре, можно рассматривать как расщепление полос одномерной пространственной кристаллической цепочки. Кроме того, возможны полосы, разрешенные только в кристалле, но число их обычно мало. Взаимодействие боковых групп очень мало, что проявляется отсутствием расщепления полос, относящихся к колебаниям  $\text{CH}_3$ -групп.

В данной работе интерпретация спектра проведена по модельным соединениям с учетом правил отбора и поляризации полос в спектре.

**Частоты колебаний  $\text{CH}_3$ -группы.** Для  $\text{CH}_3$ -группы можно ожидать следующие основные колебания: симметричные  $\nu_s$  и асимметричные  $\nu_{as}$  валентные колебания атома Н, симметричные  $\delta_s$  и асимметричные  $\delta_{as}$  деформационные колебания атома Н, маятниковые колебания  $\gamma_r$ , веерное колебание  $\gamma_w$  и колебания  $\text{CH}$ -группы относительно цепи. Частота  $2970 \text{ см}^{-1}$  относится, как и в работе [1], к колебаниям  $\nu_a(\text{CH}_3)$ . Полоса  $2930 \text{ см}^{-1}$ , которая отсутствует в работе [1], относится, вероятно, к  $\nu_s(\text{CH}_3)$ . Из перечисленных выше колебаний  $\text{CH}_3$ -группы, в соответствии с работой [9], в данной области может лежать только колебание  $\nu_s$ . Аналогичное колебание у полиацетальдегида обнаружено при частоте  $2920 \text{ см}^{-1}$ .

Таблица 1

Характеры, число нормальных колебаний и правила отбора для цепи ПОП

$C_2$	E	$C_2$	N	Отбор полос	
				ИК	КРС
A ( $\delta=0$ )	1	1	28	A ( $\pi$ )	A (поляризовано)
B ( $\delta=180$ )	1	-1	28	A ( $\sigma$ )	A (деполяризовано)

Примечание.  $\pi$  — Колебание поляризовано параллельно оси цепи;  $\sigma$  — колебание поляризовано перпендикулярно оси цепи; A — колебания активны;  $\delta$  — разность фаз между колебаниями двух соседних звеньев цепи.

Полоса  $1460 \text{ см}^{-1}$  может быть отнесена к  $\delta_a(\text{CH}_3)$ . Подобное колебание проявляется при частоте  $1456 \text{ см}^{-1}$  у разветвленного полиэтилена (ПЭ). Полосу  $1338 \text{ см}^{-1}$  следует отнести к колебаниям типа  $\delta_s(\text{CH}_3)$ . Такая же полоса лежит в данной области у всех низкомолекулярных соединений, содержащих группу  $\text{CH}_3$ . В работе [1] к такому же типу отнесено колебание при частоте  $1381 \text{ см}^{-1}$ . Однако это колебание имеет л-дихроизм. Интенсивность полос  $\text{CH}_3$ -групп в этой области обычно больше (в крайнем случае такая же), чем интенсивность полос  $\text{CH}_2$ -групп [8]. Колебание  $\gamma_r$  будет из всех типов колебаний самым слабым, а в этой области все колебания очень сильные, и поэтому, вероятно, его нельзя обнаружить. Это заставляет предположить, что колебание  $1381 \text{ см}^{-1}$  относится к  $\text{CH}_2$ -группе.

Положение остальных двух частот можно определить на основе корреляции частот  $\text{CH}_3$ -групп, предложенной Беллами [9, 10] для низкомолекулярных соединений. Однако эта корреляция может дать лишь приближенное значение частот, так как она не проверена на полимерных соединениях. Маятниковое колебание должно лежать в районе  $900 \text{ см}^{-1}$ , а веерное колебание в районе выше  $1100 \text{ см}^{-1}$ . К маятниковому колебанию мы отнесли частоту  $909 \text{ см}^{-1}$ . У разветвленного ПЭ это колебание лежит при частоте  $888 \text{ см}^{-1}$ . Так как все остальные частоты у нас выше, чем аналогичные частоты колебаний  $\text{CH}_3$ -группы у разветвленного ПЭ, то и данная частота должна лежать выше частоты  $888 \text{ см}^{-1}$ . Однако эта частота, по-видимому, сложная, так как она имеет слабый л-дихроизм и лежит на склоне расщепленной полосы. Веерное колебание  $\text{CH}_3$ -группы, вероятно, перекрывает более сильными колебаниями С — О-группы, лежащими в этой области. Кроме того, в области выше  $1120 \text{ см}^{-1}$  ( $\gamma_w(\text{CH}_3)$ ) у ПЭ лежат только полосы, обладающие л-дихроизмом.

**Частоты колебаний  $\text{CH}$ -группы.** Частоты колебаний  $\text{CH}$ -группы обычно очень слабы. В нашем случае удалось отнести к деформационному колебанию  $\text{CH}$ -группы частоту  $1335 \text{ см}^{-1}$ . Подобное колеба-

ние у низкомолекулярных веществ лежит в районе  $1340 \text{ см}^{-1}$ , а в полипропилене и полиацетальдегиде — при  $1330$  и  $1335 \text{ см}^{-1}$  соответственно. Полоса СН- обладает  $\sigma$ -дихроизмом. Из данных по низкомолекулярным соединениям известно, что данная полоса является самой интенсивной из всех полос поглощения СН-группы.

**Частоты колебаний  $\text{CH}_2$ -группы.** Колебания  $\text{CH}_2$ -группы в полимере являются комбинациями колебаний собственно  $\text{CH}_2$ -групп в фазе и противофазе. Ввиду этого приближенно можно рассмотреть колебания изолированных  $\text{CH}_2$ -групп. Более строгое рассмотрение возможно только на основе теоретического расчета ИК-спектра полимера. Если  $\text{CH}_2$ -группы рассматривать как независимые с симметрией  $C_{2v}$ , то в ИК-спектре окажутся активными 5 частот:  $\nu_a(\text{CH}_2)$ ,  $\nu_s(\text{CH}_2)$ ,  $\delta(\text{CH}_2)$ ,  $\gamma_r(\text{CH}_2)$  и  $\gamma_w(\text{CH}_2)$ . Первые 4 полосы должны быть поляризованы перпендикулярно и одна  $\gamma_w(\text{CH}_2)$  — параллельно. Если же рассматривать  $\text{CH}_2$  — С-группу, то в этом случае должно быть разрешено также  $\gamma_t(\text{CH}_2)$ , которое должно иметь перпендикулярную поляризацию. Так как полосы антисимметричных валентных колебаний лежат обычно выше симметричных, то частоту  $2900 \text{ см}^{-1}$  следует отнести к  $\nu_a(\text{CH}_2)$ , а частоту  $2860 \text{ см}^{-1}$  — к  $\nu(\text{CH}_2)$  колебаниям.

Аналогичные полосы наблюдаются у полиэтиленгликоля (ПЭГ), политетрагидрофурана (ПТГФ) и у других исследованных полимерных простых эфиров. Частота  $1482 \text{ см}^{-1}$  относится нами, как и в работе [1], к  $\delta(\text{CH}_2)$  колебаниям. Так как в верхней области спектра есть лишь одна полоса, имеющая  $\pi$ -поляризацию ( $1380 \text{ см}^{-1}$ ), то ее следует отнести к  $\gamma_w(\text{CH}_2)$  колебаниям. Аналогичное колебание лежит у ПТГФ при частоте  $1372 \text{ см}^{-1}$  (расчетное значение  $1383 \text{ см}^{-1}$ ) [1].

Колебание  $\gamma_t(\text{CH}_2)$  должно лежать в интервале  $1150 \text{ см}^{-1}$  [1] —  $1250 \text{ см}^{-1}$ . Однако в этой области нет полос, обладающих  $\sigma$ -поляризацией. Вероятно, она обладает малой интенсивностью, как в ПЭ, хотя вполне допустимо, что она дает некоторый вклад в частоту  $1245 \text{ см}^{-1}$ . Поэтому следует считать, что  $\gamma_t(\text{CH}_2)$  колебание не определяет частоту  $1250 \text{ см}^{-1}$ , хотя в работе [1] эта полоса отнесена к  $\gamma_t(\text{CH}_2)$  колебаниям и, наконец, к  $\gamma_r(\text{CH}_2)$  следует отнести полосы  $925 \text{ см}^{-1}$  и  $938 \text{ см}^{-1}$ , так как, по-видимому, эта полоса характеризует взаимодействие между молекулами. В растворе полоса  $938 \text{ см}^{-1}$  пропадает. Из рассмотренных спектров полимеров видно, что большему расщеплению полос с  $\sigma$ -поляризацией обычно соответствуют колебания  $\gamma_r$ . Это колебание проявляется у ПЭГ при частотах  $943 \text{ см}^{-1}$ . У ПТГФ расчетная частота  $\gamma_r(\text{CH}_2)$  равна  $946 \text{ см}^{-1}$ . Поэтому эту полосу вряд ли можно отнести к колебаниям  $\gamma_r(\text{CH}_3)$  [1].

**Частоты колебаний скелета.** В частоты колебаний скелета входят колебания, обусловленные С—О и С—С-группами, лежащими в основной цепи, а также полосы, соизмеримый вклад в которые вносят несколько типов колебаний.

К  $\nu_a(\text{СОС})$  следует отнести очень сильную полосу с частотой  $1140 \text{ см}^{-1}$ . Данная полоса имеет  $\pi$ -поляризацию, ей соответствует частота  $1110 \text{ см}^{-1}$ , появляющаяся у ПТГФ. Частоту  $1042 \text{ см}^{-1}$ , подобно Кавасаки и Фурукава, мы отнесим к  $\nu_s(\text{СОС})$ . Все остальные полосы, с нашей точки зрения, являются сложными. Так, полоса  $1300 \text{ см}^{-1}$  обусловлена взаимодействием колебания  $\gamma_w(\text{CH}_2)$  и колебания С — С-групп, находящихся в основной цепи. Как показали данные ряда работ, эта полоса проявляется у всех соединений, содержащих четное число атомов С. Интенсивность ее резко усиливается у соединений с полярной группой. Частота  $1240 \text{ см}^{-1}$  является аналогичной частоте  $1300 \text{ см}^{-1}$  и объясняется взаимодействием веерных колебаний  $\gamma_w(\text{CH}_2)$  и колебаний скелета. Отнесение полосы [1]  $1245 \text{ см}^{-1}$  к колебаниям  $\gamma_t(\text{CH}_3)$  не соответствует поляризации и интенсивности данной полосы. Полоса  $1110 \text{ см}^{-1}$  соответствует колебаниям скелета. Скелетные колебания лежат в ПЭГ при  $1149 \text{ см}^{-1}$ , а в полиацетальдегиде  $1085 \text{ см}^{-1}$ . Полосы  $873$  и  $838 \text{ см}^{-1}$ , резко возрастающие при кристаллизации

ции, также, вероятно, объясняются взаимодействием деформационных колебаний  $\delta(\text{OCC})$  и  $\delta(\text{CCO})$  ( $873 \text{ см}^{-1}$ ) и деформационных колебаний скелета. Отнесение произведено по аналогии с ПТГФ с учетом поляризации полос.

**Спектр кристалла полиоксипропилена.** Так как элементарная ячейка кристалла содержит 2 молекулы [6], то из-за взаимодействия между молекулами [12] все перпендикулярно поляризованные полосы поглощения изолированной цепочки должны расщепляться на 2 компоненты. Величина и характер этого расщепления зависят от силового шоля кристалла. В нашем случае наиболее сильно заметно расщепление полосы  $\gamma_r(\text{CH}_2)$ . В растворе в  $\text{CCl}_4$  остается лишь одна полоса  $938 \text{ см}^{-1}$ . Поляризация этих компонент совпадает с направлениями осей «а» и «в» в кристалле. По аналогии с ПЭ и в соответствии с теорией взаимодействия молекулы [13, 14] предположено, что частота  $938 \text{ см}^{-1}$  поляризована вдоль оси «а», а частота  $933 \text{ см}^{-1}$  — вдоль оси «в».

Появление новых частот, связанных с понижением симметрии молекулы в кристалле, не обнаружено. Частоты колебаний собственно кристаллической решетки лежат ниже изученной области.

**Спектр аморфного ПОП.** В аморфном ПОП пропадает частота  $1482 \text{ см}^{-1}$ , а появляется частота  $1465 \text{ см}^{-1}$ , обусловленная колебаниями  $\delta(\text{CH}_2)$  (табл. 2). В расплаве и растворе в  $\text{CCl}_4$  появляется новая полоса  $1350 \text{ см}^{-1}$ . Эта полоса, по нашему мнению, обусловлена колебаниями  $\gamma_w(\text{CH}_2)$ . В ПЭ ей соответствует полоса  $1353 \text{ см}^{-1}$ ; другая частота, обусловленная взаимодействием  $\gamma_w(\text{CH}_2)$  и  $\gamma(\text{C}-\text{C})$ , проявляется, по-видимому, при частоте  $1268 \text{ см}^{-1}$ . Авторы работы [1] относят эту частоту к колебаниям  $\gamma_t(\text{CH}_2)$ , однако эти колебания у всех известных нам соединений лежат гораздо ниже, поэтому мы относим к ним частоту  $1220 \text{ см}^{-1}$ . У ПТГФ  $\gamma_t(\text{CH}_2)$  частота имеет значение  $1210 \text{ см}^{-1}$ , а ПЭГ —  $1236 \text{ см}^{-1}$ , полоса же  $1350 \text{ см}^{-1}$  не может относиться к колебаниям  $\delta(\text{CH})$ , так как частоты всех известных нам соединений ряда простых эфиров имеют частоту ниже этого значения. Полоса  $1350 \text{ см}^{-1}$ , имеющая большую интенсивность, чем частота  $1335 \text{ см}^{-1}$ , перекрывается с ней и имеет более сложную форму. Все остальные полосы значительно уширяются, что ведет к понижению числа пиков поглощения, особенно в области  $1100 \text{ см}^{-1}$  и  $930 \text{ см}^{-1}$ .

Следует сказать, что интенсивности полос  $1388$ ,  $1307$ ,  $878$  и  $833 \text{ см}^{-1}$  значительно ниже, чем у кристаллического полимера, а  $910$  и  $1018 \text{ см}^{-1}$  выше. Отсюда нужно предположить, что в аморфном состоянии ПОП существует в виде поворотного изомера, цепь которого имеет свернутую конфигурацию. Рассмотрение спектров ПОП позволяет отобрать полосы, пригодные для следующих аналитических целей: 1) для определения степени кристалличности целесообразно использовать полосы, имеющие  $\pi$ -дихроизм, так как они не расщепляются на компоненты в кристалле. Наиболее пригодными являются, по нашему мнению, полосы  $1300$ ,  $1380$  и  $1250 \text{ см}^{-1}$ . За меру аморфности можно принять интенсивность полосы  $1268 \text{ см}^{-1}$ . Для обеих полос следует учесть перекрытие этих полос, т. е. долю поглощения, вносимую в каждую из них аморфной и кристаллической составляющей. Использование полосы  $1268 \text{ см}^{-1}$  позволяет построить градуировочный график для определения степени кристалличности без использования рентгеновских данных по ее пределу, равному 0; 2) для определения типов присоединения и степени изотактичности полимера желательно рассматривать спектр расплавленного полимера.

При исследовании образцов, полученных на различных катализаторах и в различных условиях полимеризации, было обнаружено изменение интенсивности полос  $833 \text{ см}^{-1}$  и  $873 \text{ см}^{-1}$ . Причем, чем более стереоспецифичен катализатор и чем ниже температура реакции, тем выше их относительная интенсивность. Эти данные в сочетании с результатами анализа спектра позволяют предположить, что обе полосы характеризуют регулярность в цепи полимера. Для данного полимера могут быть 2 типа регу-

Таблица 2  
ИК-спектр ПОП

По работе [2]	По работе [1]	Данная работа	Поляризация	По работе [1]	Данная работа	Изменения при кристаллизации	Изменения при растворении в $\text{CCl}_4$
3420	—	—	—	—	—		
3300	—	—	—				
3000	2970	2970	—	$\nu_a(\text{CH}_3)$	$\nu_a(\text{CH}_3)$		
—	—	2930	$\sigma$	$\nu_s(\text{CH}_3)$	$\nu_s(\text{CH}_3)$		
—	2900	2900	$\sigma$	$\nu_a(\text{CH}_2)$	$\nu_a(\text{CH}_2)$		
—	2875	—	—	$\nu_s(\text{CH}_3), \nu_s(\text{CH}_2)$	—		
—	—	2870	$\sigma$	—	$\nu_s(\text{CH}_2)$		
2870	—	2785	—	—			
1615	—	—	—	—	$\delta(\text{CH}) + \delta(\text{CH}_3)$		
1575	—	—	—	—			
1482	1481	1482	?	$\delta(\text{CH}_2)$ транс	$\delta(\text{CH}_2) \text{ K}$	+	—
—	1466	1465	—	$\delta(\text{CH}_2)$ гош	$\delta(\text{CH}_2) \text{ A}$	—	
1450	1453	1460	$\sigma$	$\delta_a(\text{CH}_3)$ транс	$\delta_A(\text{CH}_3)$		
—	1387	1388	$\sigma$	$\delta_s(\text{CH}_3)$ транс	$\delta_s(\text{CH}_3)$		
—	1381	1381	$\pi$	$\delta_s(\text{CH}_2)$ гош	$\gamma_w(\text{CH}_2) \text{ K}$	+	{ 1382
1378	—	—	—	—			
1345	1351	1350	—	$\delta(\text{CH}_2)$ гош	$\gamma_w(\text{CH}_2) \text{ A}$	—	
1330	1339	1335	$\sigma$	$\delta(\text{CH}_2)$ транс	$\delta(\text{CH}) \text{ K}$	+	—
—	1307	—	$\pi$	$\gamma_w(\text{CH}_2)$ транс	—		
1300	—	1300	—	—	$\gamma_w(\text{CH}_2) + \gamma(\text{C}-\text{C}) \text{ K}$	+	
1255	—	1268	—	—	$\gamma_w(\text{CH}_2) + \gamma(\text{C}-\text{C}) \text{ A}$	—	—
—	1250	1245	$\pi$	$\gamma_t(\text{CH}_2)$	$\gamma_w(\text{CH}_2) + \gamma$ скел.	+	
1240	—	1220	—	—	$\gamma_t(\text{CH}_2) \text{ A}$		
1138	1136	1140	$\pi$	$\gamma_a(\text{COC})$	$\nu_a(\text{COC})$	+	1100
—	1111	1110	$\sigma$	$\gamma_t(\text{C}-\text{C})$	Валентные колебания скелета		
1100	—	—	—	—			
1038	1038	1042	$\sigma$	$\gamma_s(\text{COC})$	$\nu_s(\text{COC}) \text{ K}$	+	—
1012	1016	1018	—	$\gamma(\text{COC})$	$\nu(\text{COC}) \text{ A}$	—	
932	933 { 926	938	$\sigma$	$\gamma_r(\text{CH}_3)$	$\gamma_r(\text{CH}_2)$	+	
918	919 { 926	925	$\sigma$	—	$\gamma_r(\text{CH}_2)$	+	—
—	909	910	—	$\gamma_r(\text{CH}_3)$	$\gamma_r(\text{CH}_3)$	—	916
868	870	873	$\pi$	Деформационные колебания скелета	Деформационные колебания скелета	+	
833	833	833	$\sigma$	$\gamma_r(\text{CH}_2)$	—	+	

Примечание. + — Увеличение, — уменьшение интенсивности, К — кристаллическое состояние, А — аморфное состояние.

лярных структур: регулярность, обусловленная типом присоединения с  $\text{CH}_3$   $\text{CH}_3$

образованием структуры  $-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-$ , и регулярность, обусловленная изотактическими блоками. Так как оптическая плотность полосы  $878 \text{ cm}^{-1}$  является линейной функцией оптической плотности полосы  $833 \text{ cm}^{-1}$ , можно думать, что полосы характеризуют различную регулярность цепи. В спектре дипропиленгликоля интенсивность полосы  $833 \text{ cm}^{-1}$  много меньше интенсивности полосы  $878 \text{ cm}^{-1}$ , что, по-видимому, свидетельствует о зависимости полосы  $833 \text{ cm}^{-1}$  от наличия длинных регулярных блоков.

#### Выводы

1. Изучен ИК-спектр полиоксипропилена и сделано его отнесение.
2. Отобраны полосы для определения степени кристалличности полимера.
3. Указано, что полосы  $833 \text{ cm}^{-1}$  и  $873 \text{ cm}^{-1}$  могут быть использованы для оценки типа присоединения и степени изотактичности полимера.

Институт химической физики  
АН СССР

Поступила в редакцию  
14 X 1968

## ЛИТЕРАТУРА

1. A. Kawasaki, J. Furukawa, Polymer, 1, 315, 1960.
  2. C. Price, J. Amer. Chem. Soc., 74, 292, 1952.
  3. С. Багавантам, Т. Венкатарайudu, Теория групп и ее применение к физическим проблемам, Изд-во иностр. лит., 1959.
  4. C. Liang, S. Krimm, G. Sathurland, J. Polymer Spectr., 1, 61, 1957.
  5. О. Кримм, Физика полимеров, Изд-во иностр. лит., 1960.
  6. R. Stanly, J. Polymer Sci., 43, 453, 1960.
  7. K. Imada, H. Tadokoro, S. Enomoto, J. Chem. Phys., 33, 1958, 1960.
  8. Л. Ландау, Е. Лифшиц, Квантовая механика, Изд-во физ.-мат. наук, 1963.
  9. Л. Bellamy, Инфракрасные спектры сложных молекул, Изд-во иностр. лит., 1963.
  10. L. Bellamy, K. Williams, J. Chem. Phys., 24, 27, 1956.
  11. S. Enomoto, H. Tadokoro, K. Imada, Материалы международного симпозиума по макромолекулярной химии, Прага, 1965, препринт 180.
  12. Р. Давыдов, Теория поглощения света в молекулярных кристаллах, изд-во «Наукова думка», 1951.
  13. R. Stein, G. Sathurland, J. Chem. Phys., 21, 370, 1953.
  14. R. Stein, G. Sathurland, J. Chem. Phys., 23, 734, 1955.
- 

## INFRARED SPECTRUM OF POLYOXIPROPYLENE

*E. F. Vatnstein, I. V. Kumpansenko, S. G. Entelis*

### Summary

Infrared spectrum of polyoxipropylene has been considered. The band at  $1268 \text{ cm}^{-1}$  has been proposed to be used for determination of the polymer crystallinity, the bands at  $833$  and  $873 \text{ cm}^{-1}$  for estimation of the type of addition and isotacticity.