

УДК 541.64:539

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ  
ПОЛИ-(4,4'-ДИФЕНИЛАНТРОН)ТЕРЕФТАЛАМИДА  
МЕТОДАМИ СЕДИМЕНТАЦИИ И ВЯЗКОСТИ

И. К. Некрасов, К. Г. Хабарова, С. Н. Харьков,  
Е. П. Краснов

Ароматические полиамиды представляют собой важный класс гетероцепочных полимеров, нашедших практическое применение для получения термостойких волокон [1]. Однако свойства этих полимеров в растворе и гибкость их цепей изучены еще недостаточно.

Распространенное мнение о том [2], что введение циклов в основную цепь неизбежно увеличивает жесткость макромолекул, основывается на свойствах полимеров в блоке, в то время как гибкость (жесткость) цепей является «внутренней» термодинамической характеристикой, определяемой по свойствам разбавленных растворов полимеров. Оказалось, что полиа哩латы принадлежат к обычным гибкоцепным полимерам, принимающим в растворе конформацию статистического клубка [3, 4].

При исследовании свойств растворов производных целлюлозы выяснилось [5—7], что макромолекулы целлюлозы в растворах несколько более вытянуты по сравнению с обычными гибкими полимерами, но только нитратцеллюлозу можно безоговорочно отнести к разряду жесткоцепных полимеров. Другие производные, например этилцеллюлоза, по своим конформационным параметрам практически не отличаются от гибкоцепных полимеров.

Более того, из-за наличия в основной цепи фенильных радикалов конформационный параметр  $\sigma = (\bar{h}_o^2 / \bar{h}_{cb}^2)^{1/2}$  ( $\bar{h}_o^2$  — среднеквадратичное расстояние между концами цепи в  $\theta$ -растворителе,  $\bar{h}_{cb}^2$  — размеры клубка, рассчитанные при допущении о свободном вращении вокруг единичных связей в основной цепи) ряда полимеров мал: для полиэтилентерефталата [8]  $\sigma = 1,4$ ; для полиамидокислоты на основе пиromеллитового диангидрида и 4,4'-диаминодифенилосида [9] — 1,25; для поликарбоната [10—12] — 1,1—1,3; для полизфира на основе бисфенола «А» и 4,4'-дихлордифенилсульфона [13] — 1,04; для поли-2,6-диметилфениленоксида [14]  $\sigma < 1,55$ . Наконец, значительная свернутость макромолекул в растворах обнаружена для полипиromеллитамида анилинфталеина [15].

В данной работе методами седиментации и вязкости исследовали свойства растворов поли-(4,4'-дифенилантрон)терефталамида (ПФАТА) в диметилформамиде (ДМФА) и бинарном  $\theta$ -растворителе ДМФА (45 вес. %) + циклогексанол (ЦГЛ) (55 вес. %).

Результаты и их обсуждение

Исходный образец ПФАТА, полученный низкотемпературной поликонденсацией 4,4'-диаминодифенилантрона с дихлорангидридом терефталевой кислоты в диметил-ацетамиде, был расфракционирован на 18 фракций в системе: растворитель ДМФА, осадитель этанол (90%) — вода (10%). Для исследования было отобрано 13 фракций.

Для приготовления растворов использовали перегнанные под вакуумом ДМФА и ЦГЛ.

Измерения коэффициентов седиментации проводили на ультрацентрифуге МОМ G-100, оснащенной оптикой Филпота — Свенсона, при 50 000 об/мин. Температуру в течение опыта поддерживали постоянной и равной  $25 \pm 0,1^\circ$ . Поскольку графики зависимости  $\ln x$  от  $t$  ( $x$  — координата максимума градиентной кривой,  $t$  — время) были линейны, практически не было необходимости в специальной экстраполяции коэффициентов седиментации к ненескому [16] для устранения влияния гидростатического сжатия. Для каждой фракции коэффициенты седиментации измеряли не менее чем при трех концентрациях. В интервале концентраций от 0,02 до 0,08 г/дл концентрационная зависимость коэффициентов седиментации обнаружена только для трех наиболее высокомолекулярных фракций. Экстраполяционные значения коэффициентов седиментации  $S_0$  приведены в табл. 1.

Парциальный удельный объем  $\bar{v}$  ПФАТА в ДМФА определяли пикнометрически по формуле [17] (см. также [18])

$$1 - \bar{v} \rho_0 = \frac{m - m_0}{mw},$$

где  $m_0$  — масса чистого растворителя в объеме пикнометра,  $m$  — масса раствора,  $w$  — весовая

доля полимера,  $\rho_0$  — плотность растворителя. Измерения выполняли в трех пикнометрах объемом  $\sim 100$  мл. Начальная концентрация полимера 1 г/дл; было выполнено по три разбавления в каждом пикнометре, при усреднении по всем результатам получили  $\bar{v} = 0,747 \pm 0,005$  мл/г. В дальнейшем при расчете молекулярных весов использовали следующие величины:  $1 - \bar{v} \rho_0 = 0,292$ ;  $\rho_0 = 0,945$  г/мл;  $\eta_0 = 0,795$  спуз, где  $\rho_0$  и  $\eta_0$  — соответственно плотность и вязкость ДМФА.

Вязкости растворов определяли в вискозиметрах разбавления, которые подбирали таким образом, чтобы время истечения растворителя составляло не менее 100 сек. и поэтому не вводили поправку на кинетическую энергию. Характеристические вязкости фракций приведены в табл. 1.

Молекулярные веса фракций ПФАТА рассчитывали по соотношению [16]

$$M^{2/3} = \frac{N_A \eta_0 S_0 [\eta]^{1/3}}{2,5 \cdot 10^6 (1 - \bar{v} \rho_0)}, \quad (1)$$

здесь  $N_A$  — число Авогадро. В этом уравнении использовано значение  $P^{-1}\Phi^{1/3} = 2,5 \cdot 10^6$  ( $\Phi$  — коэффициент Флори,  $P$  — постоянная в соотношении, связующем коэффициент трения с размерами макромолекул в растворе). Протекание клубков изменяет значения  $\Phi$  и  $P$  в одну сторону, так что величина  $P^{-1}\Phi^{1/3}$  остается постоянной [19—22]. Таким образом, соотношение (1) можно использовать для непроницаемых и проницаемых для растворителя клубков. Вследствие этого метод определения молекулярного веса полимеров по  $[\eta]$  и  $S_0$  с помощью уравнения (1) приближается по своему значению и надежности к абсолютным методам определения молекулярного веса. Критерием проницаемости клубков для растворителя служит появление особенностей на логарифмических зависимостях  $[\eta]$  и  $S_0$  от  $M$  [23]. Если отклонения от прямолинейной зависимости  $\lg [\eta]$  ( $\lg S_0$ ) от  $M$  невелики, то на основании результатов работ [19—22] можно полагать, что определение молекулярного веса по соотношению (1) достаточно корректно.

Характеристики фракций ПФАТА

Таблица 1

Фракция	[η], д.л/г		$S_{cb}$ в ДМФА	$M_{S\eta} \cdot 10^{-4}$	$M_z' / M_w$	Фракция	[η], д.л/г		$S_{cb}$ в ДМФА	$M_{S\eta} \cdot 10^{-4}$	$M_z' / M_w$
	ДМФА	ДМФА + ЦГЛ					ДМФА	ДМФА + ЦГЛ			
1	1,41	—	3,22	11,54	1,23	8	0,46	0,88	1,62	2,36	1,10
2	1,28	—	2,65	8,19	1,05	9	0,38	—	1,70	2,30	1,38
3	1,00	1,32	2,44	6,41	1,07	10	0,35	—	1,43	1,70	1,10
4	0,76	1,29	2,18	4,72	1,07	11	0,36	—	1,34	1,56	1,20
5	0,65	1,14	2,03	3,91	1,20	12	0,26	0,56	1,30	1,27	1,10
6	0,60	1,12	2,01	3,72	1,10	13	0,20	0,44	1,26	1,06	1,15
7	0,53	0,98	1,79	2,93	1,14						

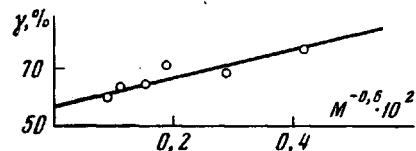


Рис. 1. Зависимость точки помутнения  $\gamma$  от  $M^{-0.5}$  фракций ПФАТА

Для нахождения  $\theta$ -растворителя проводили титрование ЦГЛ растворов ряда фракций ПФАТА в ДМФА (концентрация 0,1 г/дл). Откладывая на графике зависимость точки помутнения (порога осаждения)  $\gamma$  (весовая доля ЦГЛ в ДМФА) от  $M^{-0.6}$  [24, 25] (рис. 1), можно определить  $\theta$ -композицию бинарного растворителя ( $\gamma_s = 55$  вес. % ЦГЛ).

На рис. 2, 3, исходя из данных табл. 1, в двойном логарифмическом масштабе приведены зависимости характеристических вязкостей ПФАТА в ДМФА и в  $\theta$ -растворителе и коэффициентов седиментации в ДМФА от молекулярного веса. Как видно из этих рисунков, лишь самая низкомолекулярная фракция 13, возможно, проницаема для ДМФА. Поскольку она

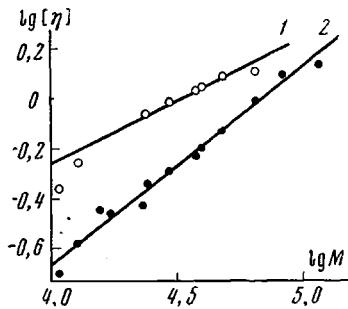


Рис. 2. Зависимость  $[\eta]$  фракций ПФАТА от  $M$  в ДМФА + ЦГЛ (1) и в ДМФА (2)

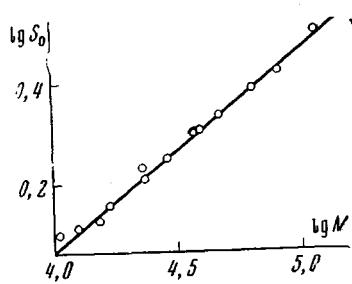


Рис. 3. Зависимость  $S_0$  фракций ПФАТА в ДМФА от  $M$

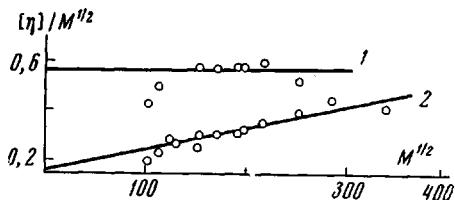


Рис. 4. Зависимость  $[\eta]/M^{1/2}$  фракций ПФАТА в ДМФА + ЦГЛ (1) и в ДМФА (2) от  $M^{1/2}$

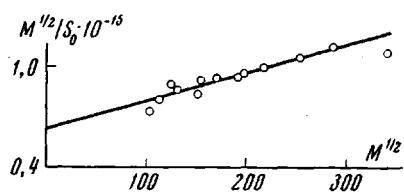


Рис. 5. Зависимость  $M^{1/2}/S_0$  от  $M^{1/2}$  фракций ПФАТА в ДМФА

выпадает из прямолинейных зависимостей очень незначительно, то, в соответствии со сказанным выше, молекулярный вес для нее определен правильно. Однако в  $\theta$ -растворителе цепи ПФАТА развернуты значительно сильнее (табл. 1, рис. 2), и поэтому фракция 13 заметным образом отклоняется от прямолинейной зависимости  $\lg[\eta] - \lg M$  (рис. 2, прямая 1).

По графикам  $\lg[\eta]$  ( $\lg S_0$ ) —  $\lg M$  рассчитаны константы в эмпирических уравнениях

$$[\eta] = K_\eta M^\alpha \quad (2)$$

$$S_0 = K_s M^\gamma, \quad (3)$$

где  $K_\eta$  и  $K_s$ ,  $\alpha$  и  $\gamma$  — постоянные для ряда полимергомологов в определенном растворителе; между экспонентами  $\alpha$  и  $\gamma$  для полимеров, макромолекулы которых принимают в разбавленных растворах форму клубка, имеется соотношение [16]

$$\alpha = 2 - 3\gamma \quad (4)$$

Для ПФАТА были получены следующие соотношения: в ДМФА  $[\eta] = 1,4 \cdot 10^{-4} M^{0.80}$  дл/г и  $S_0 = 3,0 \cdot 10^{-2} M^{0.40}$  ед. сведберга, а в ДМФА + ЦГЛ  $[\eta] = 5,6 \cdot 10^{-3} M^{0.50}$  дл/г. Нетрудно убедиться, что для ПФАТА в ДМФА уравнение (4) справедливо. Применимость формулы (4) и отсутствие особенностей на логарифмических зависимостях [23]  $[\eta]$  и  $S_0$  от  $M$

свидетельствуют о том, что в исследованном интервале молекулярных весов клубки ПФАТА (за исключением фракции 13) непроницаемы для растворителя. Это в свою очередь позволяет воспользоваться выводами теорий [26, 27], справедливых для гидродинамически непротекаемых макромолекул.

Для  $[\eta]$  справедливо соотношение [26]

$$[\eta] = K_0 M^{1/2} + 0,51 \Phi BM \quad (5)$$

$$K_0 = \Phi \left( \frac{\bar{h}_0^2}{M} \right)^{1/2} \quad (5a)$$

В этих формулах  $\Phi = 2,7 \cdot 10^{23}$ , а коэффициент  $B$  характеризует взаимодействие полимера с растворителем.

Коэффициенты седиментации связаны с молекулярными параметрами следующим соотношением [27]:

$$\frac{M^{1/2}}{S_0} = \left( \frac{\eta_0 N_A}{1 - \bar{v} \rho_0} \right) K_f + 0,201 \left( \frac{\eta_0 N_A}{1 - \bar{v} \rho_0} \right) \left( \frac{\bar{h}_0^2}{M} \right)^{-1} PBM^{1/2} \quad (6)$$

$$K_f = P \left( \frac{\bar{h}_0^2}{M} \right)^{1/2}, \quad (6a)$$

здесь  $P = 5,2$ .

В соответствии с уравнениями (5) и (6) на рис. 4 и 5 представлены зависимости  $[\eta] / M^{1/2}$  и  $M^{1/2} / S_0$  от  $M^{1/2}$ . Экстраполяционная процедура в обоих случаях идентична: по интерцепту находятся невозмущенные размеры  $(\bar{h}_0^2 / M)^{1/2}$ , а наклон позволяет определить параметр  $B$  (табл. 2). В  $\theta$ -растворителе фракция 13 не принималась во внимание.

Полимолекулярность фракций ПФАТА, определявшаяся по седиментационным данным, оказалась небольшой: в среднем  $M_z / M_w = 1,15$ ; поэтому не вводили поправку на полимолекулярность для вычисленных параметров. При расчете величины статистического сегмента  $A$  по формуле  $A = (M_0 / b_0) (\bar{h}_0^2 / M)$  использовали значения для длины мономерного звена  $b_0 = 16,4 \text{ \AA}$  и молекулярного веса звена  $M_0 = 506,6$ .

Как видно из данных, представленных в табл. 2, невозмущенные размеры и величина статистического сегмента  $A$  ПФАТА в  $\theta$ -растворителе значительно больше соответствующих величин, определенных в ДМФА.

По-видимому, молекулы ЦГЛ адсорбируются цепями ПФАТА с образованием водородных связей, что приводит к помехам при вращениях в цепи главных валентностей, увеличению «жесткости» цепи и в конечном счете к возрастанию невозмущенных размеров.

В работе [28] было показано, что метиловый спирт, соединяясь водородными связями с цепями ацетилцеллюлозы, значительно видоизменяет свойства растворов ацетилцеллюлозы в двухкомпонентном растворителе метиленхлорид — метanol.

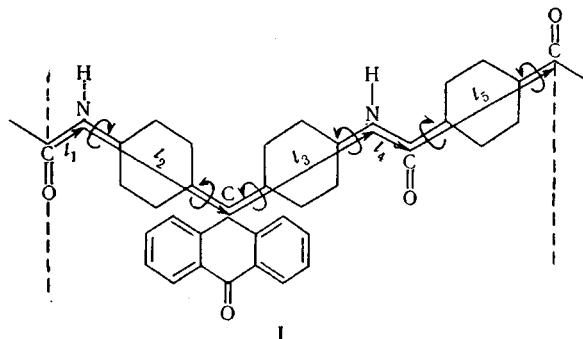
Таблица 2  
Молекулярные параметры ПФАТА

Растворитель	$\left( \frac{\bar{h}_0^2}{M} \right)^{1/2} \cdot 10^8, \text{ см}$	$B_{\eta} \cdot 10^{27}$	$\left( \frac{\bar{h}_0^2}{M} \right)_S \cdot 10^8, \text{ см}$	$B_S \cdot 10^{27}$	$A, \text{ \AA}$	$\sigma$
ДМФА	0,84	6,3	0,88	5,1	23	0,78
ДМФА + ЦГЛ	1,28	0	—	—	51	1,15

Примечание. Для вычисления  $A$  и  $\sigma$  в ДМФА взято среднее из двух определений значение  $(\bar{h}_0^2 / M)^{1/2} = 0,86 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ . Символы  $\bar{h}$  и  $S$  относятся к величинам, полученным соответственно из вязкостей и коэффициентов седиментации.

Для определения параметров  $\sigma$  необходимо рассчитать размеры цепочки ПФАТА  $\bar{h}_{\text{св}}^2$  при допущении о свободном вращении вокруг единичных связей в основной цепи. Для расчета  $\bar{h}_{\text{св}}^2$  воспользуемся методом, примененным в работе [29] для расчета размеров сополимеров.

На схеме изображена цепь ПФАТА.



Подсчитаем среднеквадратичные размеры повторяющегося участка цепи. Для расчета воспользуемся следующей формулой [30]:

$$\bar{h}^2 = \sum_{i=1}^N l_i^2 + 2 \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^{i-1} l_i l_j \left\{ \prod_{k=j}^{i-1} A_k \right\}_{33}, \quad (7)$$

где  $l_i$  — длины векторов, составляющих цепь; выражение в фигурных скобках — элемент матрицы 33, равной произведению матриц вращения  $A_k$  от  $k = j$  до  $i - 1$ . При усреднении по конформациям

$$\bar{A}_k = \begin{pmatrix} -\eta_k \cos \alpha_k & -\varepsilon_k & \eta_k \sin \alpha_k \\ \varepsilon_k \cos \alpha_k & -\eta_k & -\varepsilon_k \sin \alpha_k \\ \sin \alpha_k & 0 & \cos \alpha_k \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\eta_k = \cos \varphi_k, \quad \varepsilon_k = \sin \varphi_k \quad (9)$$

здесь  $\pi - \alpha_k$  — валентный угол между векторами  $\mathbf{l}_k$  и  $\mathbf{l}_{k+1}$ ,  $\varphi_k$  — угол поворота вокруг  $k$ -й связи, углу  $\varphi_k = 0$  отвечает транс-расположение трех соседних звеньев. Считая потенциалы вращения симметричными, получим  $\varepsilon_k = 0$ , и матрица  $\bar{A}_k$  приобретает более простой вид

$$\bar{A}_k = \begin{pmatrix} -\eta_k \cos \alpha_k & 0 & \eta_k \sin \alpha_k \\ 0 & -\eta_k & 0 \\ \sin \alpha_k & 0 & \cos \alpha_k \end{pmatrix} \quad (8a)$$

Размеры повторяющегося участка цепи ПФАТА можно рассчитать, заменив повороты вокруг единичных связей вращением вокруг пяти векторов, изображенных на схеме I. Поскольку для амидной группировки единственно возможной является транс-конфигурация атомов [31],  $\eta_1 = \eta_4 = 1$ . Вращение вокруг других векторов не заторможено  $\eta_2 = \eta_3 = \eta_5 = 0$ . В итоге несложных вычислений получаем

$$\begin{aligned} \bar{h}_5^2 = l_5^2 + 2\{l_1^2 + l_2^2 + l_2 l_5 + \cos \alpha [l_1^2 \cos^2 \alpha + l_2^2 + \\ + 2l_1 l_2 (1 + \cos \alpha) + l_2 \langle l_1 (1 + \cos \alpha) + l_2 \rangle]\} \end{aligned} \quad (10)$$

При выводе формулы (10) считали все валентные углы одинаковыми и учли очевидные условия  $l_2 = l_3$ ,  $l_1 = l_4$ . Используя обычные значения [32] длин связей в Å  $r_{\text{N-C}} = 1,46$ ;  $r_{\text{C-C}} = 1,51$ ;  $r_{\text{C-N}} = 1,33$ ;  $r_{\text{C=C}}^{\text{бенз}} = 1,39$  и считая

$\alpha = 65^\circ$ , получим  $l_1 = 1,33$ ;  $l_2 = 5,75$ ;  $l_5 = 5,80$  и из уравнения (10)  $\overline{h_5^2} = 254 \text{ \AA}^2$ .

Применяя формулу Тейлора [30], получим

$$\frac{\overline{h_{cb}^2}}{M} = \frac{\overline{h_5^2}}{M_0} \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (11)$$

По уравнению (11)  $(\overline{h_{cb}^2}/M)^{1/2} = 1,11 \cdot 10^{-8} \text{ см}$  и параметр  $\sigma$  для ПФАТА в ДМФА равен 0,78 и в  $\theta$ -растворителе — 1,15. Таким образом, внутреннее вращение в цепях ПФАТА слабо заторможено.

Значение  $\sigma = 0,78$  для ПФАТА в ДМФА, возможно, обусловлено наличием свернутых *гош*-изомеров для амидной группировки. Считая для определенности, что вектору  $l_4$  соответствует *гош*-конформация  $\eta_4 = -1$ , способом, описанным выше, получаем  $(\overline{h_{cb}^2}/M)^{1/2} = 0,67 \cdot 10^{-8}$ , что дает  $\sigma > 1$ .

### Выводы

1. Для фракций поли-(4,4'-дифенилантрона) терефталамида (ПФАТА) в интервале молекулярных весов  $1,06 \cdot 10^4$ — $11,5 \cdot 10^4$  определяли в диметилформамиде (ДМФА) характеристические вязкости  $[\eta]$  и коэффициенты седиментации при бесконечном разбавлении  $S_0$ . По  $[\eta]$  и  $S_0$  находили молекулярные веса  $M$  фракций ПФАТА. Определены зависимости  $[\eta]$  и  $S_0$  от  $M$  в ДМФА и зависимость  $[\eta]$  от  $M$  в  $\theta$ -растворителе (45% ДМФА + 55% циклогексанола).

2. Привлекая теорию, по зависимостям  $[\eta]$  и  $S_0$  от  $M$  рассчитаны невозмущенные размеры ПФАТА: в ДМФА  $(\overline{h_0^2}/M)^{1/2} = 0,86 \cdot 10^{-8}$ , в  $\theta$ -растворителе —  $1,28 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ . Увеличение невозмущенных размеров ПФАТА в бинарном растворителе обусловлено, по-видимому, специфическими взаимодействиями молекул циклогексанола с цепями ПФАТА.

3. Параметр  $\sigma = 0,78$  в ДМФА и 1,15 в  $\theta$ -растворителе, что свидетельствует о слабой заторможенности вращения в цепях ПФАТА. Сильную свернутость макромолекул ПФАТА в ДМФА ( $\sigma < 1$ ) можно, по-видимому, связать с наличием *гош*-конформаций амидной связи в цепях ПФАТА.

Всесоюзный научно-исследовательский  
институт синтетического волокна

Поступила в редакцию  
31 VIII 1970

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Коршак, Термостойкие полимеры, изд-во «Наука», 1969.
2. А. А. Аскадский, Физико-химия полиарилатов, изд-во «Химия», 1968.
3. С. А. Павлова, Диссертация, 1970.
4. В. М. Меньшов, Высокомолек. соед., А12, 2036, 1970.
5. J. J. Hermans, J. Polymer Sci., C2, 117, 1963.
6. W. Brown, D. Henley, J. Ohman, Makromolek. Chem., 64, 49, 1963.
7. P. J. Flory, Makromolek. Chem., 98, 128, 1966.
8. M. L. Wallach, Polymer Preprints, 6, 860, 1965.
9. M. L. Wallach, J. Polymer Sci., 5, A-2, 653, 1967.
10. G. Sitaramiah, J. Polymer Sci., A3, 2743, 1965.
11. C. C. Berry, H. Nomura, K. G. Mayhan, J. Polymer Sci., 5, A-2, 1, 1967.
12. G. V. Schulz, H. Horbach, Makromolek. Chem., 29, 93, 1959.
13. G. Allen, J. Mc Ainst, C. Strazielle, Europ. Polymer J., 5, 319, 1969.
14. J. M. Barrales-Rienda, D. C. Pepper, Europ. Polymer J., 3, 535, 1967.
15. В. В. Коршак, С. А. Павлова, Л. В. Бойко, Т. М. Бабчинцев, С. В. Виноградова, Я. С. Выгодский, Н. А. Голубева, Высокомолек. соед., А12, 56, 1970.
16. В. Н. Цветков, В. Е. Эскин, С. Я. Френкель, Структура макромолекул в растворах, изд-во «Наука», 1964.
17. И. Я. Поддубный, А. В. Подалинский, Заводск. лаб., 33, 1398, 1967.
18. С. Р. Рафиков, С. А. Павлова, И. И. Твердохлебова, Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений, изд-во АН СССР, 1963.
19. Ю. Е. Эйзнер, О. Б. Птицын, Высокомолек. соед., 4, 1725, 1962.
20. J. E. Hearst, J. Chem. Phys., 40, 1506, 1964.
21. J. E. Hearst, E. Beals, R. A. Harris, J. Chem. Phys., 48, 5371, 1968.

22. P. Sharp, V. A. Bloomfield, J. Chem. Phys., **48**, 2149, 1968.  
23. U. Bianchi, A. Peterlin, J. Polymer Sci., **6**, A-2, 1759, 1968.  
24. G. Talamini, G. Vidotto, Makromolek. Chem., **110**, 111, 1967.  
25. D. H. Napper, Makromolek. Chem., **120**, 231, 1968.  
26. W. H. Stockmayer, M. Fixman, J. Polymer Sci., **C1**, 137, 1963.  
27. J. M. G. Cowie, S. B. Water, Polymer, **6**, 197, 1965.  
28. М. И. Шахпаронов, Н. П. Закурдаева, Е. К. Подгородецкий, Высокомолек. соед., **A9**, 1212, 1967.  
29. R. J. Flory, Principles of the Polymer Chemistry, N. Y., 1953.  
30. М. В. Волькенштейн, Конфигурационная статистика полимерных цепей, Изд-во АН СССР, 1959, стр. 155.  
31. С. Мидзусима, Строение молекул и внутреннее вращение, Изд-во иностр. лит., 1957, стр. 141.  
32. Справочник химика, Госхимиздат, т. 1, 1962, стр. 352.

---

**INVESTIGATION OF THE PROPERTIES  
OF POLY(4, 4'-DIPHENYLANTHRONE) TEREPHTHALAMIDE  
BY SEDIMENTATION AND VISCOSITY METHODS**

**I. K. Nekrasov, K. G. Khabarova, S. N. Khar'kov, E. P. Krasnov**

**Summary**

The  $[\eta]$  values in dimethylformamide (DMFA) and in  $\theta$ -solvent (45% DMFA-55% cyclohexanol) and the sedimentation coefficients  $S_0$  in DMFA have been determined for poly(4,4'-diphenylanthrone) terephthalamide (PFATA) fractions. From  $[\eta]$  and  $S_0$  the molecular weights  $M$  have been calculated, and from the dependences of  $[\eta]$  and  $S_0$  on  $M$  the molecular parameters of PFATA in the solvents used.

---