

УДК 541.8:532:542.61

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ВЯЗКОСТЬ  
РАЗБАВЛЕННЫХ И КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ  
ПОЛИМЕРОВ С РАЗЛИЧНОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ ЦЕПИ**

*A. A. Тагер, B. E. Древаль, Г. О. Ботвинник,  
С. Б. Кенина, В. И. Новицкая, Л. К. Сидорова,  
T. A. Усольцева*

Вопрос о влиянии природы растворителя на вязкость растворов полимеров имеет большое значение для практики переработки и синтеза полимеров. Однако до настоящего времени в этом вопросе не существует ясности, ибо выводы исследователей, работающих с очень разбавленными и очень концентрированными растворами, часто прямо противоположны. Так, существует достаточно распространенная точка зрения, подтвержденная большим экспериментальным материалом, что характеристическая вязкость  $[\eta]$  с ухудшением качества растворителя уменьшается [1, 2]. Аналогичная закономерность установлена и для относительной вязкости умеренно концентрированных растворов полимеров [3]. При этом было замечено, что с увеличением концентрации разница в вязкостях растворов в хорошем и плохом растворителях уменьшается, и для растворов полистирола (ПС) с концентрацией  $\sim 18\%$  становится равной нулю [3]. Берри и Фокс [4] также считают, что вязкость концентрированных растворов полимеров от качества растворителя не зависит.

Вместе с тем вязкости растворов с равными концентрациями ПС, ацетата целлюлозы (АЦ) и других полимеров в хороших и плохих растворителях могут отличаться в  $10^3 - 10^4$  раз. При этом вязкость растворов в хороших растворителях меньше, чем в плохих [5, 6]. Последний факт хорошо известен технологам, работающим с прядильными растворами.

Эти противоречивые выводы, на наш взгляд, обусловлены тем, что они сделаны на основании опытов, проведенных с различными по природе полимерами и в разных областях концентраций. Как отмечалось [6], влияние термодинамического средства растворителя к полимеру на вязкость его растворов должно проявляться по-разному, в зависимости от того, обладает ли полимер гибкими или жесткими цепями. Целью данной работы является доказательство этого положения на примере систематического изучения наибольшей ньютоновской вязкости растворов полимеров с различной гибкостью цепи и межцепным взаимодействием.

**Экспериментальная часть \***

Для исследования были взяты пять полимеров, отличающихся гибкостью цепи. Их перечень и значения молекулярных весов, определенных вискозиметрически, приведены в таблице. Там же даны значения отношений среднеквадратичных расстояний между концами цепи для реальной невозмущенной  $(\bar{h}_0^2)^{1/2}$  и цепи со свободным вращением  $(\bar{h}_0^2)^{1/2}$ , являющихся характеристикой размера полимерных клубков в растворе. Они малы для полимеров с очень гибкими цепями и по мере увеличения жесткости цепи возрастают [1].

\* В экспериментальной части работы принимали участие О. И. Травкина и М. С. Котов.

Жесткость полимерных цепей оценивают также величиной  $(h_0^2 / P)^{1/2}$ , где  $P$  — степень полимеризации полимера. Это отношение для ПС равно  $7,1 \cdot 10^{-3}$  [8], для гидрооксистилцеллюлозы —  $21,5 \cdot 10^{-3}$  [9], для полиарилата (ПА) —  $18,0 \cdot 10^{-3}$  [10].

Таким образом, приведенные параметры свидетельствуют, что из исследованных полимеров наиболее гибкоценным является ПДМС, затем следуют ПИ, ПС, АЦ и, наконец, ПА, по жесткости цепи приближающейся к целлюлозе [10].

Характеристика полимеров

Полимер	$(h_0^2 / h_0^2)^{1/2}$	$\bar{M}_v \cdot 10^{-3}$
Полидиметилсиликсан (ПДМС)	1,4—1,6 [1]	0,44(I) 9,35(II)
Полизобутилен (ПИ)	2,2 [1]	1,42(I) 7,60(II)
ПС	2,4 [1]	2,24
АЦ	—*	1,10
ПА	—	1,10

\* Значения  $(h_0^2 / h_0^2)^{1/2}$  большинства производных целлюлозы находятся в пределах 4,0—5,0 [7].

ПДМС, использованные в работе, производства Imperial Chemical Industries limited Stevenston, Ayrshire (Великобритания) имели узкое молекулярно-весовое распределение ( $\pm 10\%$  от среднего значения  $\bar{M}_v$ ).

ПИ и ПС были те же, что и ранее [6, 11].

Промышленные образцы АЦ гетерогенного ацетилирования содержали 61,1% связанной уксусной кислоты, т. е. имели некоторое количество непроацетилированных гидроксильных групп. Для удаления низкомолекулярных примесей АЦ подвергали экстрагированию в аппаратуре Сокслета этиловым спиртом в течение 55 час. с последующей сушкой при остаточном давлении  $10^{-5}$  мм и  $50^\circ$  до постоянного веса.

ПА получали высокотемпературной поликонденсацией фенолфталеина с хлорангидридом терефталевой кислоты в совокупности [12] \*. Перед исследованием образцы ПА осаждали петролейным эфиром из 2%-ных растворов в хлороформе, промывали ацетоном и сушили.

Все использованные для приготовления растворов растворители очищали согласно принятым методикам [13]. Они имели показатели, близкие к литературным. Декалин представлял смесь *цикло*-(70%) и *транс*-(30%) изомеров.

Измерения вязкости проводили в широком диапазоне концентраций. С этой целью применяли различные вискозиметры: вискозиметр Оствальда, капиллярно-пипеточный вискозиметр, и грузовой капиллярный вискозиметр МВ-2. Диапазон измеряемых на этих приборах параметров, а также точность измерений приведены в [14]. Поправка на кинетическую энергию при работе на вискозиметре Оствальда была близка к нулю и не учитывалась. Подавляющее число измерений было сделано в области малых напряжений сдвига. Специальными опытами установлено, что изменения напряжений сдвига в 2—5 раз не приводили к изменению величины вязкости, следовательно, мы имели дело с наибольшей ньютоновской вязкостью. Исключение составляли растворы: а) АЦ в смеси тетрахлорэтана (TXЭ) и октаната с объемной долей полимера  $\varphi_2 = 0,09$  и 0,15 и б) растворы АЦ в смеси TXЭ и бутанола с  $\varphi_2 = 0,20$ . Для указанных систем нам не удалось достичь режимов ньютоновского течения, и в дальнейшем будут приведены значения эффективных вязкостей, измеренных при напряжениях сдвига, равных для систем а)  $6,30 \cdot 10^2$  дин/см<sup>2</sup> и б)  $1,58 \cdot 10^3$  дин/см<sup>2</sup>. Все опыты проводили при  $25^\circ$ .

### Результаты и их обсуждение

Основной задачей работы являлось выяснение влияния качества растворителя, т. е. его растворяющей способности по отношению к полимеру на вязкость образующихся растворов. Качество растворителя во всех опытах изменяли, добавляя разные количества нерастворителя (или плохого растворителя) к хорошему растворителю. Максимальное количество до-

\* Авторы выражают благодарность С. В. Виноградовой и С. Н. Салазкину (ИНЭОС АН СССР) за представленные объекты.

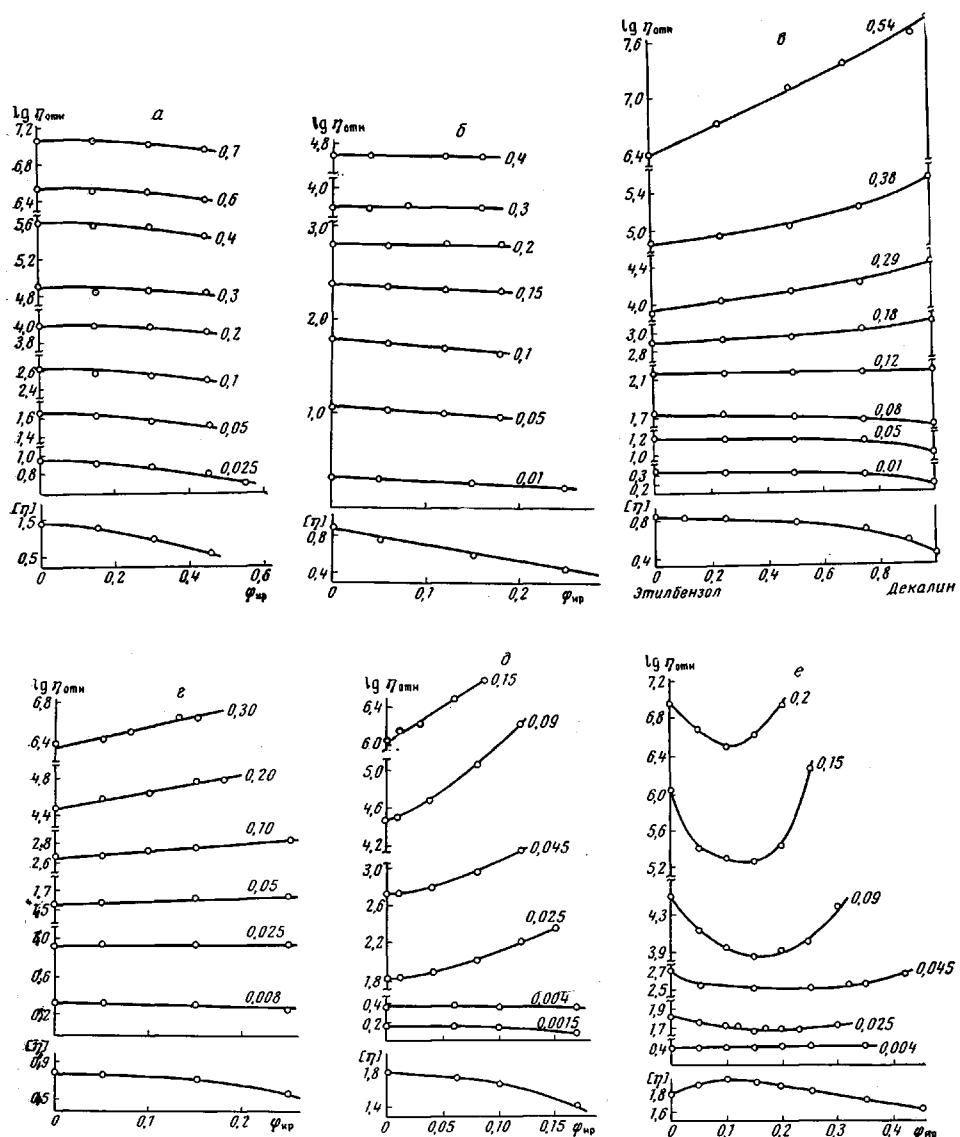


Рис. 1. Зависимость  $\eta_{\text{sp}}$  и  $[\eta]$  растворов полимеров от объемной доли нерастворителя (или плохого растворителя) в растворяющей смеси. Цифры у кривых — объемная доля полимера в растворе:

а — ПДМС-2 в смеси этилбензол — бутанол; б — ПИ-1 в смеси  $\text{CCl}_4$  — изопропиловый спирт;  
в — ПС в смеси этилбензол — декалин; г — ПА в смеси ТХЭ — октан; д — АЦ в смеси ТХЭ — октан; е — АЦ в смеси ТХЭ — бутанол

бавленного нерастворителя было на 5—8% меньше того, при котором раствор расслаивался. Концентрацию полимера в бинарной смеси варьировали от 0 до  $\phi_2 = 0,2—0,7$ . Для исключения влияния вязкости самой растворяющей смеси рассчитывали относительную вязкость  $\eta_{\text{sp}}$  и для области очень разбавленных растворов — приведенную вязкость  $\eta_{\text{sp}} / c$ , из концентрационной зависимости которой определяли  $[\eta]$ .

Зависимость  $\eta_{\text{sp}}$  и  $[\eta]$  от объемной доли нерастворителя  $\phi_{\text{np}}$  в растворяющей смеси приведена на рис. 1.

При выборе растворителей ПДМС руководствовались значениями виртуальных коэффициентов  $A_2$ , приведенных в [15], согласно которым хорошошим растворителем ПДМС является толуол. Нами был взят близкий к нему

ароматический углеводород — этилбензол (ЭБ), обладающий более высокой температурой кипения. Полученные растворы были прозрачными и гомогенными. В качестве нерастворителя этого полимера использовали бутанол, в котором ПДМС незначительно набухал, но не растворялся.

На рис. 1, а приведены результаты для вязкости растворов ПДМС-2. Точно такая же картина наблюдается для растворов более низкомолекулярного образца, а именно:  $[\eta]$  с ухудшением качества растворителя уменьшается и тот же характер зависимости сохраняется для  $\eta_{отн}$  вплоть до высоких концентраций раствора (60—70 об. %).

В качестве хорошего растворителя ПИ был взят четыреххлористый углерод, обладающий большим термодинамическим сродством к ПИ по сравнению с другими растворителями [16]. Нерастворителем служил изопропиловый спирт, в котором ПИ практически не набухает.

Из рис. 1, б следует, что с ухудшением качества растворителя как  $[\eta]$ , так и  $\eta_{отн}$  более разбавленных растворов уменьшаются. Но, начиная с  $\varphi_2 \approx 0,15$  (и выше), абсолютная и относительная вязкости раствора практически перестают зависеть от качества растворителя. Такая же картина наблюдается для растворов ПИ большего молекулярного веса.

В качестве хорошего растворителя ПС был взят ЭБ. ( $A_2$  раствора ПС в ЭБ —  $4,8 \cdot 10^{-4}$  моль·см<sup>3</sup>/г<sup>2</sup> [6]). Ухудшение растворяющей способности среды происходило при добавлении декалина или *n*-октана. Декалин при комнатной температуре растворяет ПС, но это плохой растворитель ПС,  $A_2$  этой системы равен  $1,1 \cdot 10^{-4}$  моль·см<sup>3</sup>/г<sup>2</sup>. Октан является нерастворителем ПС, последний в нем практически не набухает.

В области концентраций до  $\varphi_2 \approx 0,12$ —0,15 поведение растворов ПС в смесях ЭБ — декалин не отличается от поведения растворов ПИ (рис. 1, в). Но при более высоких концентрациях полимера наблюдается прямо противоположная картина: с увеличением содержания в растворяющей смеси декалина  $\eta_{отн}$  раствора не уменьшается, а возрастает в тем большей степени, чем выше концентрация полимера. Аналогичным образом ведут себя растворы ПС в смесях ЭБ и октана.

В качестве хорошего растворителя ПА был взят ТХЭ [17], в качестве нерастворителя *n*-октан. Из рис. 1, г, на котором представлена зависимость  $[\eta]$  и  $\eta_{отн}$  от количества добавленного октана, следует та же самая закономерность, что и для растворов ПС, а именно:  $[\eta]$  и  $\eta_{отн}$  разбавленных растворов с увеличением количества октана уменьшаются, а  $\eta_{отн}$  концентрированных растворов возрастает. Однако концентрация раствора, с которой вязкость начинает возрастать при добавлении нерастворителя, в отличие от растворов ПС очень мала ( $\varphi_2 \approx 0,008$ ).

Относительно хорошим растворителем триацетата целлюлозы является ТХЭ [18, 19], в котором исследованные нами образцы образовывали прозрачные растворы. В качестве нерастворителя АЦ использовали две жидкости, одна из которых могла образовывать водородные связи с ОН-группами полимера (бутанол), другая не способна была образовывать таких связей (*n*-октан) (рис. 1, д, е).

Видно, что система АЦ — ТХЭ — октан ведет себя точно так же, как растворы ПА, а именно:  $[\eta]$  и  $\eta_{отн}$  очень разбавленных растворов с ухудшением качества растворителя уменьшаются, вязкость раствора с  $\varphi_2 \approx 0,004$  (практически от качества растворителя не зависит), а при более высоких концентрациях полимера  $\eta_{отн}$  с увеличением содержания нерастворителя возрастает тем больше, чем выше концентрация раствора.

Совершенно отличная картина наблюдается для системы АЦ — ТХЭ — бутанол. Характеристическая вязкость этой системы с увеличением количества спирта изменяется по кривой с максимумом, точно так же как и  $\eta_{отн}$  разбавленных растворов. Вязкость более концентрированных растворов АЦ с увеличением содержания бутанола в растворяющей смеси изменяется по кривым с минимумом, глубина которого и положение по оси абсцисс зависят от концентрации полимера. Чем выше концентрация

раствора, тем меньше количество спирта, вызывающее возрастание вязкости.

Приведенный экспериментальный материал убедительно показывает, что влияние качества растворителя на вязкость разбавленных и концентрированных растворов проявляется по-разному в зависимости от природы полимера, и эти различия увеличиваются по мере перехода от гибкоцепных к жесткоцепным полимерам и, в особенности, к полимерам с сильным межцепным взаимодействием.

Если обратиться к характеристической вязкости, то можно сделать заключение, что для всех исследованных полимеров она уменьшается монотонно с ухудшением качества растворителя. Исключение составляет система АЦ — ТХЭ — бутанол, для которой зависимость  $[\eta]$  от состава бинарной смеси выражается кривой с максимумом. Экстремальная зависимость  $[\eta]$  от соотношения растворителей в бинарной смеси наблюдалась многими исследователями. Обнаруженные максимумы [20—24] и минимумы [21, 23, 25] связывают с взаимодействием растворителей друг с другом [21], избирательной адсорбцией одного из компонентов на цепи полимера [23, 24], а также структурообразованием в разбавленных растворах [25]. Несмотря на различные трактовки этого вопроса, большинство авторов приходит к выводу, что  $[\eta]$  полимеров в бинарных смесях так же, как и в индивидуальных растворителях, с ухудшением качества растворителя уменьшается. Из этого правила выпадают полимеры со специфическим межцепным взаимодействием, например производные целлюлозы, для которых показано в общем случае отсутствие корреляции между качеством растворителя и величиной  $[\eta]$  [19, 26, 27]. Однако для системы АЦ — метиленхлорид — метанол  $A_2$  с увеличением количества спирта в растворяющей смеси изменяется по кривой с максимумом [23]. Можно предположить, что такой же характер изменения  $A_2$  должен наблюдаться и для системы АЦ — ТХЭ — бутанол. Таким образом, приведенный в данной работе материал свидетельствует о том, что с ухудшением качества растворителя  $[\eta]$  всех изученных полимеров падает.

Изменение относительной вязкости концентрированных растворов зависит от природы растворенного полимера. Для растворов очень гибкоцепного полимера со слабым межцепным взаимодействием [28] — ПДМС —  $\eta_{отн}$  растворов с ухудшением качества растворителя уменьшается вплоть до концентрации полимера 70% (абсолютная вязкость при этом практически не меняется).

Уменьшение  $\eta_{отн}$  с ухудшением качества растворителя для растворов менее гибкоцепного полимера ПИ наблюдается только в области концентрации до 15%. При более высоких концентрациях  $\eta_{отн}$  от качества растворителя не зависит, т. е. подтверждается точка зрения Берри и Фокса [4].

Но это утверждение оказывается несправедливым по отношению к более жесткоцепному полимеру ПС. В области концентраций до  $\varphi_2 \approx 0,15$   $\eta_{отн}$  его растворов с ухудшением качества растворителя уменьшается; при  $\varphi_2 \approx 0,15$  разница между значениями относительных вязкостей растворов в хороших и плохих растворителях практически равна нулю, что совпадает с данными Оноги и др. [3]. Однако эти исследователи ограничились объемной долей ПС до  $\varphi_2 \approx 0,18$ . В действительности при дальнейшем увеличении концентрации  $\eta_{отн}$  с ухудшением качества растворителя начинает возрастать тем резче, чем выше концентрация раствора (рис. 1). Интересно, что характер зависимости  $\eta_{отн} = f(\Phi_{ир})$  одинаков в случае добавления декалина и октана, в то время как вязкость смеси растворителей с увеличением содержания декалина возрастает, а с содержанием октана уменьшается. Эти данные подтверждают ранее обнаруженную закономерность, что вязкость концентрированных растворов ПС в плохих растворителях не меньше, а больше, чем в хороших [5, 6]. Закономерности при переходе от разбавленных к концентрированным растворам ПС отчетливо

видны из рис. 2: до  $\varphi_2 \cong 0,15$  растворов ПС в плохом растворителе — декалине меньше, чем в хорошем — ЭБ; при  $\varphi_2 > 0,15$ , наоборот, вязкость декалиновых растворов много выше этиленбензольных. Такое пересечение кривых концентрационной зависимости вязкости наблюдали и для растворов других полимеров [29—31].

На рис. 3 представлена концентрационная зависимость логарифма отношения относительной вязкости растворов всех исследованных полимеров в плохих растворителях к  $\eta_{\text{отн}}$  растворов этих полимеров в хороших растворителях. Из рисунка следует, что это отношение для растворов ПДМС

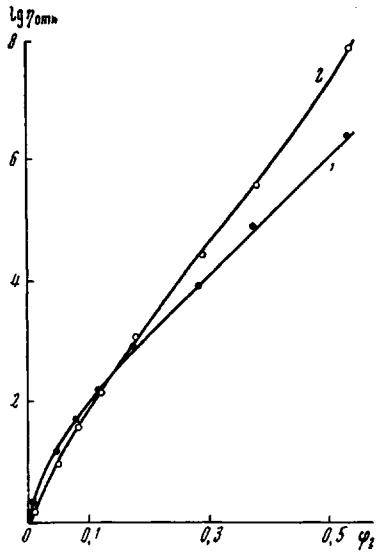


Рис. 2

Рис. 2. Зависимость относительной вязкости растворов ПС в этилбензоле (1) и декалине (2) от концентрации

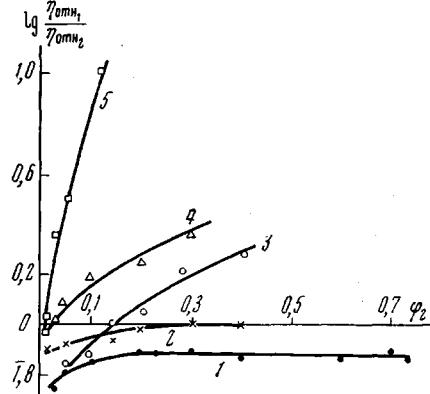


Рис. 3

Рис. 3. Зависимость отношения  $\eta_{\text{отн}1}$  растворов в смеси растворитель — нерастворитель ( $\varphi_{\text{нр}} = \text{const}$ ) к  $\eta_{\text{отн}2}$  растворов в хороших растворителях ( $\varphi_{\text{нр}} = 0$ ) от концентрации:

1 — ПДМС-2 — этилбензол — бутанол; 2 — ПИ-1 — СCl<sub>4</sub> — изопропиловый спирт; 3 — ПС — этилбензол — октан; 4 — ПА — тетрахлорэтан — октан; 5 — АЦ — тетрахлорэтан — октан;  $\varphi_{\text{нр}} = 0,45$  (1); 0,16 (2); 0,4 (3); 0,15 (4); 0,12 (5)

отрицательно практически для всей области концентрации, т. е. с ухудшением качества растворителя  $\eta_{\text{отн}}$  уменьшается. Для растворов ПИ до  $\varphi_2 \cong 0,15$  оно отрицательно, а потом становится равным нулю (вязкость от качества растворителя не зависит). Для растворов ПС до  $\varphi_2 \cong 0,15$  оно отрицательно, а начиная с  $\varphi_2 \cong 0,15$  становится положительным. Для растворов ПА и АЦ изменение знака этого отношения наблюдается при очень малых значениях  $\varphi_2 \cong 0,004$ ; т. е. практически во всей области концентраций, за исключением очень больших разбавлений  $\eta_{\text{отн}}$  жесткоцепных полимеров больше в плохих, чем в хороших растворителях. Особенно резкое возрастание  $\eta_{\text{отн}}$  с ухудшением качества растворителя и с концентрацией наблюдается для растворов АЦ, что обусловлено сильным межцепочечным взаимодействием (образованием водородных связей).

Противоположный характер изменения  $[\eta]$  и  $\eta_{\text{отн}}$  растворов АЦ отчетливо следует из рис. 1, e:  $[\eta]$  изменяется с составом бинарной смеси по кривой с максимумом, а  $\eta_{\text{отн}}$  — по кривым с минимумом. Минимум на кривых вязкость — состав смеси растворителей наблюдали многие исследователи при добавлении к растворам АЦ в хорошем растворителе этанола или воды, первые порции которых всегда улучшают растворяющую способность

смеси [32—34]. Кривые с минимумом получены и для вязкости концентрированных растворов нитрата целлюлозы в смесях ацетона и воды, этилового эфира и этанола [35]. Во всех случаях с ухудшением качества растворителя вязкость возрастает тем резче, чем выше концентрация раствора.

Различие в поведении разбавленных и концентрированных растворов не должно вызывать удивления. В предельно разбавленных растворах, где присутствуют изолированные макромолекулы, растворитель оказывает влияние только на их конформацию и эффективные размеры. В концентрированных растворах кроме конформаций макромолекул огромную роль играет взаимодействие их друг с другом, приводящее к структурообразованию, к возникновению флуктуационных сеток, построенных из агрегатов макромолекул [6, 36—38].

Растворитель в этом случае оказывает влияние как на конформации молекул, так и на их взаимодействие. Чем больше гибкость цепи и меньше межцепное взаимодействие, тем большую роль конформаций и меньшую роль структур, которые вследствие малой прочности разрушаются сравнительно легко при взаимодействии и с хорошими и с плохими растворителями. Поэтому в случае растворов гибкоцепных полимеров закономерности течения разбавленных растворов сохраняются вплоть до высоких концентраций. По мере увеличения жесткости цепи и энергии межцепного взаимодействия возрастает прочность структур, которые при взаимодействии с хорошими растворителями разрушаются в большей степени, чем при соприкосновении с плохими растворителями. Поэтому вязкость концентрированных растворов жесткоцепных полимеров больше в плохих и меньше — в хороших растворителях [6, 38—41], а закономерности, характерные для разбавленных растворов, наблюдаются только в области больших разбавлений.

### Выводы

1. Проведено систематическое исследование влияния качества растворителя на наибольшую ньютоновскую вязкость растворов пяти полимеров с различной жесткостью цепи в широком диапазоне концентраций.

2. Показано, что в согласии с существующими представлениями характеристическая вязкость всех исследованных полимеров с ухудшением качества растворителя уменьшается; аналогичная закономерность наблюдается для относительной вязкости растворов гибкоцепных полимеров с широкой областью концентраций.

3. По мере увеличения жесткости цепи растворяемого полимера область концентраций, в которой наблюдается падение вязкости раствора с ухудшением качества растворителя, резко сокращается. При более высоких концентрациях для растворов жесткоцепных полимеров характерным является увеличение относительной вязкости раствора по мере ухудшения качества растворителя, тем более резкое, чем выше концентрация раствора и больше межцепное взаимодействие.

4. Полученные результаты четко показывают, что переход от закономерностей течения разбавленных растворов к закономерностям течения концентрированных растворов определяется природой полимера, гибкостью его цепи и энергией межцепного взаимодействия.

Уральский государственный университет  
им. А. М. Горького

Поступила в редакцию  
16 XI 1970

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Цветков, В. Е. Эскин, С. Я. Френкель, Структура макромолекул в растворах, изд-во «Наука», 1964.
  2. Г. Моравец, Макромолекулы в растворе, изд-во «Мир», 1967.
  3. S. Onogi, S. Kimura, T. Kato, T. Masuda, J. Polymer Sci., C15, 381, 1966.
  4. G. C. Berry, T. G. Fox, Advances Polymer Sci., 5, 261, 1968.
  5. А. А. Тагер, В. Е. Древаль, Докл. АН СССР, 145, 16, 1962.
  6. А. А. Тагер, В. Е. Древаль, М. Курбанилев, М. С. Луцкий, Н. Е. Беркович, И. М. Гравовская, Т. А. Чарикова, Высокомолек. соед., A10, 2044, 1968.
  7. В. Н. Цветков, Успехи химии, 38, 1674, 1969.
  8. В. Е. Эскин, А. Е. Несторов, Высокомолек. соед., 8, 141, 1966.
  9. G. Meuerhoff, N. Sütterlin, Makromolek. Chem., 87, 258, 1965.
  10. С. А. Павлова, В. В. Коршак, Л. В. Дубровина, Г. И. Тимофеева, Высокомолек. соед., A9, 2624, 1967.
  11. О. А. Мочалова, И. Я. Слоним, В. Е. Древаль, Т. К. Юсупов, Э. П. Взвадская, А. А. Тагер, Высокомолек. соед., A14, 1294, 1972.
  12. В. В. Коршак, С. В. Виноградова, С. Н. Салазкин, Изв. АН СССР, серия химич., 1966, 308.
  13. А. Вайсбергер, Э. Прокшаузер, Дж. Риддик, Э. Турс, Органические растворители, Изд-во иностр. лит., 1958.
  14. А. А. Тагер, А. И. Суворова, В. Е. Древаль, Н. П. Гакова, С. П. Луцкая, Высокомолек. соед., A10, 2278, 1968.
  15. N. Kuwahara, T. Okazawa, M. Kaneko, J. Polymer Sci., C23, 543, 1968.
  16. А. А. Тагер, М. В. Цилипопкина, В. Е. Древаль, О. В. Нечаева, Высокомолек. соед., 5, 94, 1963.
  17. А. А. Аскадский, Физико-химия полиарилатов, изд-во «Химия», 1968.
  18. P. J. Flory, O. K. Spurgle, D. K. Carpenter, J. Polymer Sci., 27, 231, 1958.
  19. P. Howard, R. S. Parikh, J. Polymer Sci., 6, A-1, 537, 1968.
  20. S. R. Palit, G. Colombo, H. Mark, J. Polymer Sci., 6, 295, 1951.
  21. A. Dondos, D. Patterson, J. Polymer Sci., 7, A-2, 209, 1969.
  22. С. В. Береза, Е. А. Бектуров, С. Р. Рафиков, Высокомолек. соед., A11, 1681, 1969.
  23. М. И. Шахпаронов, Н. П. Закурдаева, Е. К. Подгородецкий, Высокомолек. соед., A9, 1212, 1967.
  24. М. И. Шахпаронов, Н. П. Закурдаева, Сб. Современные проблемы физической химии, т. 4, изд-во МГУ, 1970, стр. 214.
  25. А. Л. Волынский, Т. М. Орлова, Н. Ф. Бакеев, В. А. Каргин, Высокомолек. соед., B12, 202, 1970.
  26. E. M. Frith, Trans. Faraday Soc., 41, 17, 90, 1945.
  27. W. R. Mooge, J. A. Epstein, A. M. Brown, B. M. Tidswell, J. Polymer Sci., 23, 23, 1957.
  28. С. А. Рейтлингер, Успехи химии и технологии полимеров, Сб. 3, Госхимиздат, 1960, стр. 184.
  29. H. M. Spurlin, A. F. Martin, H. G. Teppet, J. Polymer Sci., 1, 63, 1946.
  30. К. С. Ахмедов, И. Н. Шпилевская, Узб. химич. ж., 1960, № 2, 119.
  31. В. В. Рейнольдс, Физическая химия нефтяных растворителей, изд-во «Химия», 1967.
  32. Д. Крюгер, Ацетилцеллюлоза, ГОНТИ, 1938.
  33. А. Б. Пакшвер, Т. Н. Кохомская, Р. И. Долинин, Ж. прикл. химии, 23, 990, 1950.
  34. Ф. С. Шерман, П. В. Козлов, Ж. прикл. химии, 26, 524, 1953.
  35. З. А. Роговина, Н. Н. Шорыгина, Химия целлюлозы и ее спутников, Госхимиздат, 1953.
  36. A. S. Lodge, Kolloid-Z., 171, 46, 1960.
  37. В. Г. Алдошин, С. Ф. Френкель, Высокомолек. соед., 4, 116, 1962; С. Я. Френкель, Г. К. Ельяшевич, Ю. Н. Панов, Сб. Успехи химии и физики полимеров, изд-во «Химия», 1970, стр. 87.
  38. Э. А. Пакшвер, Б. Э. Геллер, Г. В. Виноградов, Химич. волокна, 1959, № 2, 21.
  39. Г. В. Виноградов, В. Н. Манин, Высокомолек. соед., 2, 329, 1960.
  40. В. К. Пшедецкая, Б. Э. Геллер, Сб. Химия и химическая технология высокомолекулярных соединений, Ташкент, 1964, стр. 196, 208.
-

**INFLUENCE OF THE SOLVENT NATURE ON THE VISCOSITY  
OF DILUTED AND CONCENTRATED SOLUTIONS  
OF POLYMERS WITH DIFFERENT CHAIN FLEXIBILITY**

*A. A. Tager, V. E. Dreval', G. O. Botvinnik,  
S. B. Kentina, V. I. Novitskaya, L. K. Sidorova,  
T. A. Usol'tseva*

**Summary**

The influence of the solution power of solvents on the maximum Newtonian viscosity has been investigated for solutions of five polymers with different chain flexibility in a wide concentration range. It is shown that in accordance with the existing concepts, the intrinsic viscosity of all polymers studied decreases with decreasing solution power. A similar regularity is observed for relative viscosity of flexible-chain polymers in a wide concentration range. With increasing chain rigidity of the polymer being dissolved, the concentration range in which the solution viscosity diminishes with the solution power decreases sharply. At higher concentrations the rigid-chain polymers show increase in the relative viscosity of solution with decreasing solution power, this increase being the greater, the higher is the solution concentration and the larger the interchain interaction. The obtained results show distinctly that the transition from the flow regularities of diluted solutions to those of concentrated solutions is defined by the polymer nature, its chain flexibility and the energy of interchain interaction.

---