

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ  
СОЕДИНЕНИЯ

Том (A) XX

№ 11

1978

УДК 541.64 : 536.7

К ТЕОРИИ ФАЗОВОГО РАЗДЕЛЕНИЯ  
В НЕКОНЦЕНТРИРОВАННОМ РАСТВОРЕ  
НЕСКОЛЬКИХ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ПОЛИМЕРОВ

*Шишов А. К., Френкель С. Я.*

Предложены выражения для химических потенциалов компонентов неконцентрированного раствора любого числа полидисперсных полимеров. Выражения представлены с помощью степенных рядов по концентрациям полимеров. Получены уравнения, определяющие равновесный состав каждой из фаз двухфазного раствора. Введены приближения, позволяющие значительно упростить уравнения бинодали, спинодали и критических точек. Разработана программа численного решения полученных систем уравнений на ЭВМ. Приведен пример расчета «несовместимого» разделения на фазы раствора двух полимеров с учетом полидисперсности образцов.

При разделении на фазы раствора нескольких полимеров в низкомолекулярном растворителе существенную роль играют кинетические факторы, что ограничивает возможность применения равновесной термодинамики для анализа фазового разделения. Чем меньше концентрация полимеров в растворе, тем меньше роль кинетических факторов и тем быстрее при прочих равных условиях система достигает состояния термодинамического равновесия. Пользуясь равенством химических потенциалов компонентов в разных фазах при равновесии, можно рассчитать состав фаз. Зависимость химических потенциалов от концентраций полимеров в области небольших концентраций можно представить с помощью степенных рядов и ограничиться необходимым числом первых членов в зависимости от скорости сходимости рядов и желаемой точности расчета. Такой подход не связан с конкретными молекулярными моделями растворов. Так, наряду с выражениями Флори – Хаггинса [1], на которых базируется аналитический вид химических потенциалов в большинстве исследований фазового разделения в полимерных системах, были использованы выражения для химических потенциалов компонентов тройного раствора, представленные с помощью степенных рядов по моляльностям [2, 3], а также полученные из вириального разложения осмотического давления по массовым долям [4].

Рассматривая явление фазового разделения в растворах полимеров, необходимо учитывать тот факт, что полимерный образец обычно состоит из множества химически идентичных молекул разной молекулярной массы. Следовательно, как правило, любой полимерный раствор – это раствор, образованный из очень большого числа компонентов. В работах Томпа [5] и в ряде более поздних работ, особенно Кёнигсвельда с соавторами [6, 7], было показано, что пренебрежение полидисперсностью при исследовании фазового разделения обычно ведет к существенным расхождениям между теорией и экспериментом.

В настоящей работе для анализа двухфазной системы используются выражения для химических потенциалов компонентов раствора, состоящего из любого числа полидисперсных полимеров и растворителя. Предлагается

мые выражения представлены с помощью степенных рядов по концентрациям полимеров, их можно рассматривать как обобщение выражений, приведенных в работах [2, 3] на случай любого числа компонентов. Концентрации, выражаемые отношением массы полимера к массе растворителя, непосредственно определяются экспериментально, что может иметь значение при решении прикладных задач. Кроме того, они аддитивны, не зависят от температуры, поэтому удобны при формальном термодинамическом рассмотрении. Можно надеяться, что выведенные уравнения и способ расчета будут полезны для количественного описания разделения неконцентрированных растворов смеси полимеров на две фазы.

**Выражения для химических потенциалов.** Рассмотрим раствор, состоящий из  $s$  различных типов незаряженных полимеров в одном растворителе при постоянной температуре и давлении. Каждый из полимеров, например полимер  $a$ , состоит из  $P_a$  полимер-гомологов

$$\sum_{i=1}^{P_a} P_a = N$$

Таким образом, имеем раствор, состоящий из  $N$  растворенных веществ и растворителя, т. е.  $N+1$ -компонентную систему. Обозначим массу  $i$ -го полимер-гомолога типа  $a$   $m_{ai}$ , массу растворителя  $m_0$  (все величины, относящиеся к растворителю, будут иметь индекс 0), соответственно их молекулярные массы обозначим  $M_{ai}$  и  $M_0$ . Будем выражать концентрацию растворенных веществ отношением

$$g_{ai} = m_{ai}/m_0$$

Суммарная масса полимера  $a$  в растворе

$$m_a = \sum_{i=1}^{P_a} m_{ai},$$

его суммарная концентрация

$$g_a = m_a/m_0 = \sum_{i=1}^{P_a} g_{ai}$$

Весовая доля  $i$ -го полимер-гомолога типа  $a$  в образце равна

$$w_{ai} = m_{ai}/m_a = g_{ai}/g_a$$

Набор величин  $M_{ai}$  и  $w_{ai}$ , где  $i=1, 2, \dots, P_a$ , дает ММР полимера  $a$ .

Выражения для химических потенциалов компонентов  $\mu_a$ ,  $\mu_{ai}$  представим в виде

$$\begin{aligned} -(\mu_a - \mu_a^0)/(RTM_0) &= \sum_{a=1}^s \sum_{i=1}^{P_a} g_{ai}/M_{ai} + \\ &+ \sum_{a,b=1}^s G_{a,b} g_a g_b + 2 \sum_{a,b,c=1}^s G_{a,b,c} g_a g_b g_c + \\ &+ 3 \sum_{a,b,c,d=1}^s G_{a,b,c,d} g_a g_b g_c g_d + \dots \end{aligned} \quad (1)$$

$$(\mu_{ai} - \mu_{ai}^0)/(RT) = \ln (g_{ai}/M_{ai}) + M_{ai}\sigma_{ai}, \quad (2)$$

$$i=1, 2, \dots, P_a; \quad a=1, 2, \dots, s$$

где

$$\begin{aligned} \sigma_{at} = & 2 \sum_{b=1}^s G_{at,b} g_b + 3 \sum_{b,c=1}^s G_{at,b,c} g_b g_c + \\ & + 4 \sum_{b,c,d=1}^s G_{at,b,c,d} g_b g_c g_d + \dots \end{aligned} \quad (3)$$

$$G_{a,b,c} = \sum_{i=1}^{P_a} \sum_{j=1}^{P_b} \sum_{k=1}^{P_c} G_{at,bj,ck} w_{ai} w_{bj} w_{ck}$$

$$G_{ai,b} = \sum_{j=1}^{P_b} G_{ai,bj} w_{bj} \quad (5)$$

$$G_{ai,b,c} = \sum_{j=1}^{P_b} \sum_{k=1}^{P_c} G_{ai,bj,c_k} w_{bj} w_{ck}$$

Здесь  $R$  — газовая постоянная,  $T$  — температура;  $\mu_{ai}^0$  и  $\mu_{ai}^0$  — стандартные химические потенциалы растворителя и полимера;  $G_{ai}, G_{bi}, G_{ci}, \dots$  — коэффициенты взаимодействия полимер-гомологов друг с другом в данном растворителе. Следует подчеркнуть, что при такой записи формул, определяющих химические потенциалы, любая перестановка из пар индексов  $ai, bi, ci, \dots$  у коэффициента взаимодействия дает тот же самый коэффициент. Считаем, что коэффициенты взаимодействия являются функциями температуры  $T$ , давления  $p$ , молекулярной массы полимер-гомологов, но не зависят от концентраций.

$$\left. \begin{aligned} G_{ai,bj} &= G_{ai,bj}(T, p; M_{ai}, M_{bj}) \\ G_{ai,bj,ck} &= G_{ai,bj,ck}(T, p; M_{ai}, M_{bj}, M_{ck}) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Функции, определяемые равенствами (4) и (5), назовем соответственно полными и неполными средними коэффициентами взаимодействия.

Легко показать, что выражения для химических потенциалов удовлетворяют необходимому уравнению Гиббса — Дюгема при  $T$ ,  $p = \text{const}$ .

**Расчет равновесных концентраций полимеров в каждой из фаз.** Пусть раствор смеси полимеров разделился на две фазы. Общий состав раствора  $g_a$  ( $a=1, 2, \dots, s$ ), ММР полимеров  $M_{ai}$ ,  $w_{ai}$  и функции (6) предполагаются известными. Требуется рассчитать состав фаз, находящихся в равновесии. Обозначим отношение массы первой фазы к массе второй  $\rho$  и определим величину

$$\lambda = \left( 1 + \sum_{a=1}^s g_a'' \right) / \left( 1 + \sum_{a=1}^s g_a' \right)$$

Поскольку масса каждого компонента в обеих фазах равна его общей массе в растворе, и равны химические потенциалы компонентов в разных

фазах, то, используя выражения (1) — (3), после преобразований получим

$$\begin{aligned} & \sum_{a=1}^s (\rho \lambda g_a' + g_a'') \sum_{i=1}^{P_a} w_{ai} [1 - \exp(M_{ai} \Delta \sigma_{ai})] / M_{ai} / [\rho \lambda + \exp(M_{ai} \Delta \sigma_{ai})] + \\ & + \sum_{a,b=1}^s (G_{a,b}' g_a' g_b' - G_{a,b}'' g_a'' g_b'') + 2 \sum_{a,b,c=1}^s (G_{a,b,c}' g_a' g_b' g_c' - G_{a,b,c}'' g_a'' g_b'' g_c'') + \\ & + 3 \sum_{a,b,c,d=1}^s (G_{a,b,c,d}' g_a' g_b' g_c' g_d' - G_{a,b,c,d}'' g_a'' g_b'' g_c'' g_d'') + \dots = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

$$1 / (\rho \lambda + g_a'' / g_a') = \sum_{i=1}^{P_a} w_{ai} / [\rho \lambda + \exp(M_{ai} \Delta \sigma_{ai})] \quad (8)$$

$$a = 1, 2, \dots, s$$

$$(g_a'' + \rho \lambda g_a') / (1 + \rho \lambda) = g_a \quad (9)$$

$$a = 1, 2, \dots, s \quad (10)$$

$$\begin{aligned} w_{ai}' &= w_{ai} / \{[\rho \lambda + \exp(M_{ai} \Delta \sigma_{ai})] \sum_{i=1}^{P_a} w_{ai} / [\rho \lambda + \exp(M_{ai} \Delta \sigma_{ai})]\} \\ i &= 1, 2, \dots, P_a; \quad a = 1, 2, \dots, s \\ w_{ai}'' &= w_{ai}' / \{[1 + \rho \lambda \exp(M_{ai} \Delta \sigma_{ai})] \sum_{i=1}^{P_a} w_{ai} / [1 + \rho \lambda \exp(M_{ai} \Delta \sigma_{ai})]\}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$i = 1, 2, \dots, P_a; \quad a = 1, 2, \dots, s,$$

где

$$\Delta \sigma_{ai} = 2 \sum_{b=1}^s (G_{a,b}' g_b' - G_{a,b}'' g_b'') + 3 \sum_{b,c=1}^s (G_{a,b,c}' g_b' g_c' - G_{a,b,c}'' g_b'' g_c'') + \dots \quad (12)$$

Величины со штрихом относятся к первой фазе, с двумя штрихами — ко второй. Выражения для  $G_{a,b}', G_{a,b,c}', \dots$ ;  $G_{a,b}'', G_{a,b,c}'', \dots$  и  $G_{a,b}'', G_{a,b,c}'', \dots$ ;  $G_{a,b}''', G_{a,b,c}'''$  получаются из равенств (4), (5) заменой  $w_{ai}$ ,  $w_{bj}$ ,  $w_{ck}, \dots$  на  $w_{ai}'$ ,  $w_{bj}'$ ,  $w_{ck}'$ , или на  $w_{ai}''$ ,  $w_{bj}''$ ,  $w_{ck}''$ ,  $\dots$  соответственно. Число независимых уравнений в системе (7) — (11) равно  $2N+1$ , так как

$$\sum_{i=1}^{P_a} w_{ai}' = \sum_{i=1}^{P_a} w_{ai}'' = 1 \quad a = 1, 2, \dots, s$$

Система уравнений (7), (8), (10), (11) определяет бинодальные поверхности при различных фиксированных  $\rho$ . Нетривиальное решение системы (7) — (11)\* относительно  $2N+1$  неизвестных  $g_{ai}'$ ,  $g_{ai}''$  и  $\rho$  ( $i = 1, 2, \dots, P_a$ ;  $a = 1, 2, \dots, s$ ) дает состав находящихся в равновесии фаз и отношение массы первой фазы к массе второй.

Число полимерных компонентов  $N$  в реальном растворе, а значит и число уравнений в системе (7) — (11) очень велико. Чтобы уменьшить

\* Очевидно, что система (7) — (11) имеет тривиальное решение:  $g_{ai}' = g_{ai}'' = g_{ai}$  и произвольное  $\rho$ .

число уравнений, заменим реальное ММР полимеров набором значений  $M_{ai}, w_{ai}$  ( $i=1, 2, \dots, P_a$ ;  $a=1, 2, \dots, s$ ), где  $P_a$  во много раз меньше реального числа полимер-гомологов типа  $a$ . Чем больше набор  $M_{ai}, w_{ai}$ , тем точнее можно воспроизвести вид ММР полимера, однако тем больше уравнений в системе (7) — (11). Если пренебречь зависимостью коэффициентов взаимодействия (6) от молекулярной массы полимер-гомологов, можно еще раз значительно уменьшить число уравнений. Положим при  $T, p=\text{const}$

$$\left. \begin{array}{l} G_{ai,bj}=G_{a,b}=\text{const} \\ G_{ai,bj,ck}=G_{a,b,c}=\text{const}, \\ \dots \end{array} \right\} \quad (13)$$

где  $G_{a,b}, G_{a,b,c}, \dots$  есть фиксированные средние коэффициенты взаимодействия, определенные каким-либо способом для данных полимерных образцов. Тогда бинодальные поверхности при фиксированных  $\rho$  определяются системой лишь  $s+1$  уравнений (7), (8). Чтобы рассчитать состав фаз, достаточно решить систему всего  $2s+1$  уравнений (7) — (9) относительно  $g_a', g_a'', \rho$  и затем рассчитать ММР каждого полимера в каждой фазе по равенствам (10), (11). После того как рассчитаны дискретные ММР в каждой фазе, по точкам этих распределений можно провести гладкие кривые. Нормировав их на единицу, получим приближенные весовые дифференциальные функции распределения. Если ограничиться квадратичными по концентрациям членами в выражениях для химических потенциалов, то для расчета в приближении (13) надо знать  $s(s+1)/2!$  различных средних коэффициентов взаимодействия. В кубическом по концентрациям приближении добавляется еще  $s(s+1)(s+2)/3!$  различных коэффициентов и т. д. Приближение по концентрациям определяется скоростью сходимости рядов в выражениях для химических потенциалов компонентов исследуемой системы.

**Уравнения спинодали и критических точек.** Спинодаль, как известно, отделяет метастабильную область концентраций раствора от нестабильной. Уравнение спинодали многокомпонентной системы получают, приравнивая нулю первый определитель Гиббса [8]. В приближении (13), пользуясь определением средневесовой молекулярной массы  $M_{ws}$  полимера  $a$  и свойствами определителей, уравнение спинодали при  $T, p=\text{const}$  можно преобразовать к виду

$$\left| \begin{array}{ccc} 1 + M_{w1}g_1\gamma_{11} & M_{w2}g_2\gamma_{12} & \dots M_{ws}g_s\gamma_{1s} \\ M_{w1}g_1\gamma_{12} & 1 + M_{w2}g_2\gamma_{22} & \dots M_{ws}g_s\gamma_{2s} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ M_{w1}g_1\gamma_{1s} & M_{w2}g_2\gamma_{2s} & \dots 1 + M_{ws}g_s\gamma_{ss} \end{array} \right| = 0, \quad (14)$$

где

$$\gamma_{ab} = 2G_{a,b} + 2 \cdot 3 \sum_{c=1} G_{a,b,c}g_c + 3 \cdot 4 \sum_{c,d=1} G_{a,b,c,d}g_cg_d + \dots \quad (15)$$

Спинодальные и бинодальные поверхности касаются вдоль критической линии. В точках, лежащих на этой линии, составы фаз, находящихся в равновесии, совпадают. Положение на спинодали критических точек определяется уравнением, которое получается приравниванием нулю второго определителя Гиббса [8]. В нашем случае это уравнение при  $T, p=\text{const}$  в приближении (13) можно получить в виде

$$\left| \begin{array}{cccc} Y_1 & Y_2 & \dots & Y_s \\ M_{w1}g_1\gamma_{12} & 1 + M_{w2}g_2\gamma_{22} & \dots & M_{ws}g_s\gamma_{2s} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ M_{w1}g_1\gamma_{1s} & M_{w2}g_2\gamma_{2s} & \dots & 1 + M_{ws}g_s\gamma_{ss} \end{array} \right| = 0, \quad (16)$$

где

$$Y_a = M_{za} M_{wa} g_a \Delta_a + M_{wag_a} \sum_{b=1}^s M_{wb} g_b \Delta_{ba}, \quad (17)$$

$M_{za}$  —  $z$ -средняя молекулярная масса полимера  $a$ ;  $\Delta_a$  — определитель в уравнении (14), в котором  $a$ -й столбец заменен элементами  $\gamma_{a1}, \gamma_{a2}, \dots, \gamma_{as}$ ;  $\Delta_{ba}$  — определитель в уравнении (14), в котором  $b$ -й столбец заменен элементами

$$\partial \gamma_{bi} / \partial g_a, \partial \gamma_{b2} / \partial g_a, \dots, \partial \gamma_{bs} / \partial g_a,$$

$$\frac{\partial \gamma_{bc}}{\partial g_a} = 2 \cdot 3 G_{a,b,c} + 2 \cdot 3 \cdot 4 \sum_{d=1}^s G_{a,b,c,d} g_d + \dots$$

**«Несовместимое» разделение на фазы в растворе двух полидисперсных полимеров.** Под «несовместимым» мы понимаем такое разделение на фазы в растворе двух полимеров, при котором основная часть одного полимера содержится в первой фазе, другого — во второй фазе. Приведем пример расчета спинодали, критической точки и бинодалей системы: полимер 1 — полимер 2 — растворитель 0 при постоянной температуре и давлении. Фазу, обогащенную полимером 1, назовем первой, а полимером 2 — второй.

Хотя имеется значительное число публикаций, в которых приводятся фазовые диаграммы несовместимого разделения в полимерных растворах (см., например [3, 9, 10]), однако в них не достаточно охарактеризовано ММР использованных полимерных образцов. Поэтому не предполагается проводить детального сравнения расчетных и экспериментальных диаграмм, вследствие чего ограничимся довольно грубым квадратичным приближением (13).

Из уравнения спинодали (14) получим

$$\left( \frac{1}{g_1 M_{w1}} + 2G_{1,1} \right) \left( \frac{1}{g_2 M_{w2}} + 2G_{2,2} \right) = 4G_{1,2}^2 \quad (18)$$

Из уравнений (16), (18) можно получить следующую систему, определяющую критическую точку

$$\frac{1}{g_1 M_{w1}} + 2G_{1,1} = 2G_{1,2} \left( \frac{g_2 M_{w2}}{g_1 M_{w1}} \right)^{\eta_1} \left( \frac{M_{z1}}{M_{z2}} \right)^{\eta_2} \quad (19)$$

$$\frac{1}{g_2 M_{w2}} + 2G_{2,2} = 2G_{1,2} \left( \frac{g_1 M_{w1}}{g_2 M_{w2}} \right)^{\eta_2} \left( \frac{M_{z2}}{M_{z1}} \right)^{\eta_1} \quad (20)$$

Если бы полимеры состояли из молекул одинаковой молекулярной массы, то уравнения (19), (20) стали бы идентичны уравнениям, приведенным в работе [3].

На рис. 1 показаны спинодаль, критическая точка, а также бинодали, соответствующие различным значениям  $\rho = \text{const}$ . Они рассчитаны при  $G_{1,1} = 2,0 \cdot 10^{-3}$  моль/г,  $G_{2,2} = 5,5 \cdot 10^{-4}$  моль/г,  $G_{1,2} = 1,6 \cdot 10^{-3}$  моль/г для дискретных ММР полимеров, приведенных на рис. 2.

Координаты точек, соединенных кривыми 1 и 2, дают наборы значений  $M_{ai}, w_{ai}$  ( $i=1, 2, \dots, P_a$ ;  $a=1, 2$ ) исходных дискретных распределений. При этом  $P_1=40$ ,  $M_{z1}=7150$ ,  $M_{w1}=17\,940$ ,  $M_{z2}=29\,110$ ;  $P_2=30$ ,  $M_{z2}=11\,670$ ,  $M_{w2}=32\,370$ ,  $M_{z1}=53\,720$ . Заметим, что  $G_{1,1}$  и  $G_{2,2}$  близки к экспериментальным значениям вторых вириальных коэффициентов полизтиленгликоля и декстрана в воде [3, 11].

Вычисления выполнялись на ЭВМ «Мир-2» по программе одного из авторов. Спинодаль и критическая точка рассчитаны по уравнениям (18),

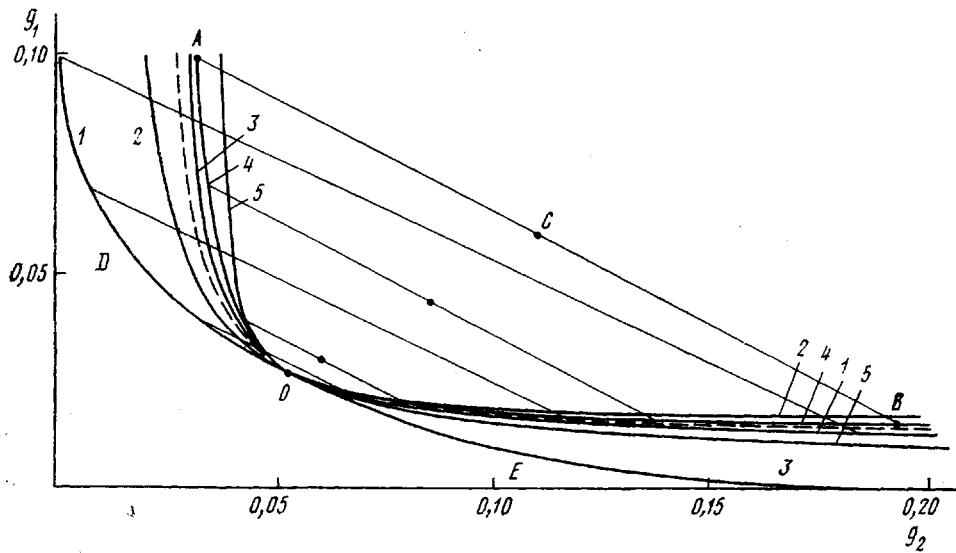


Рис. 1. Спинодаль (пунктир), критическая точка  $O$  и бинодали при разных  $\rho$ , рассчитанные для системы из двух полимеров и растворителя при  $T$ ,  $p=\text{const}$ ,  $1/\rho=0$  (1),  $\rho=5$  (2), 0 (3), 1 (4), 0,2 (5). Координаты точки  $A$  определяют состав первой фазы,  $B$  – второй,  $C$  – общий состав раствора. Соединительные линии  $AB$  показаны только для бинодалей  $\rho=1$  и  $1/\rho=0$ .  $DOE$  – кривая помутнения

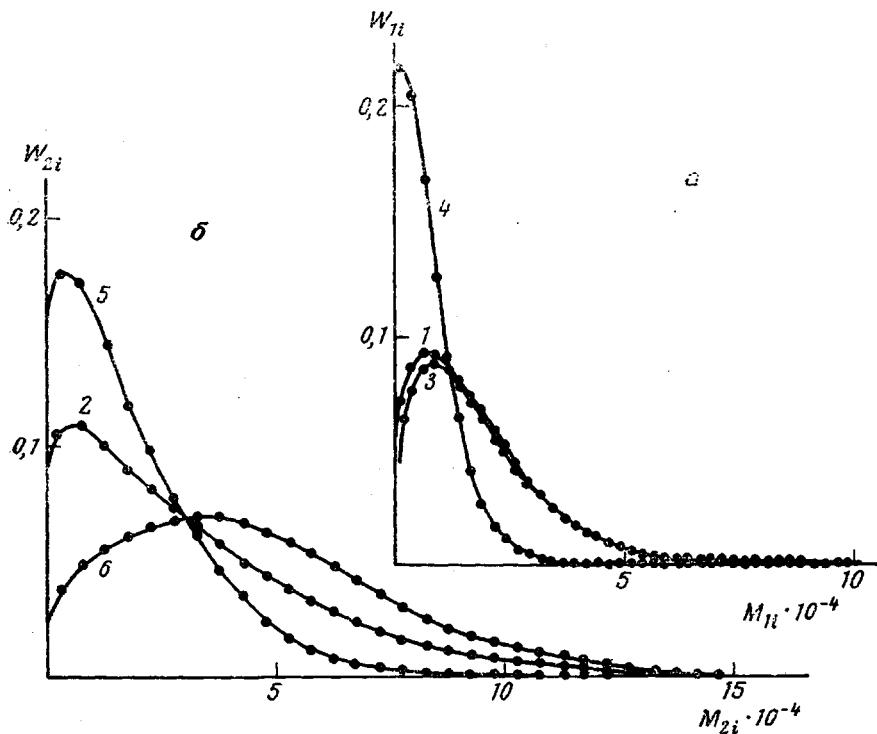


Рис. 2. Дискретные MMP полимера 1 (а) и полимера 2 (б). 1, 2 – исходные распределения полимеров 1 и 2, 3, 4 – расчетные MMP полимера 1 в первой и второй фазе при  $g_1=0,0617$  и  $g_2=0,0410$  ( $\rho=5$ ), 5, 6 – расчетные MMP полимера 2 при тех же  $g_1$  и  $g_2$  в первой и второй фазе соответственно. Точки дискретных распределений соединены гладкими кривыми

(19) и (20), бинодали получены решением системы уравнений (7), (8) в выбранном приближении относительно  $g_1''$ ,  $g_2'$ ,  $g_2''$  при фиксированных значениях  $g_1'$  и  $\rho$ . После этого концентрации полимеров в растворе  $g_1$  и  $g_2$  можно рассчитать по уравнениям (9), а ММР каждого полимера в разных фазах по уравнениям (10), (11). На рис. 2 приведены, в частности, расчетные ММР полимеров в разных фазах при  $g_1=0,0617$  и  $g_2=0,0410$  ( $\rho=5$ ).

Бинодали при  $\rho=0$  и  $1/\rho=0$  соответствуют предельному случаю, когда масса одной из фаз бесконечно мала. Части этих бинодалей образуют кривую *DOE*, которая называется кривой помутнения. Из графиков видно, что для широкого распределения полимерных образцов по молекулярным массам положение бинодалей, соответствующих разным  $\rho$ , заметно различается. Отметим, что в случае гомодисперсных полимеров, т. е. истинного тройного раствора, бинодали при разных  $\rho$  должны совпадать. Видно также, что ММР образцов в разных фазах могут сильно различаться вследствие зависимости коэффициентов распределения полимер-гомологов между фазами от их молекулярной массы.

Институт высокомолекулярных  
соединений АН СССР

Поступила в редакцию  
6 II 1978

#### ЛИТЕРАТУРА

1. M. Huggins, J. Phys. Chem., 46, 151, 1942; P. J. Flory, J. Chem. Phys., 10, 51, 1942.
2. A. G. Ogston, Arch. Biochem. Biophys., 1962, Suppl. 1, 39.
3. E. Edmond, A. G. Ogston, Biochem. J., 109, 569, 1968.
4. H. Vink, Europ. Polymer J., 12, 77, 1976.
5. H. Tompa, Trans. Faraday Soc., 46, 970, 1950.
6. R. Koningsveld, A. J. Staverman, J. Polymer Sci., 6, A-2, 305, 1968.
7. R. Koningsveld, Brit. Polymer J., 7, 435, 1975.
8. J. W. Gibbs, The Scientific papers, v. 1, N. Y., 1961, p. 110, 129.
9. П. О. Альбертсон, Разделение клеточных частиц и макромолекул, «Мир», 1974, гл. X.
10. Ю. А. Антонов, В. Я. Гринберг, В. Б. Толстогузов, Высокомолек. соед., Б18, 566, 1976.
11. H. Vink, Europ. Polymer J., 7, 1411, 1971.

---

#### TO THE THEORY OF PHASE SEPARATION IN NONCONCENTRATED SOLUTION OF SEVERAL POLYDISPERSIVE POLYMERS

*Shtshov A. K., Frenkel' S. Ya.*

#### Summary

The expressions for the chemical potentials of the components in the nonconcentrated solution of any number of polydisperse polymers have been presented. The expressions are presented by means of power series of polymer concentrations. The equations have been obtained that define the equilibrium constitution of each phase of the two-phases solution. The approximations have been introduced that allow to considerably simplify the equations of the binodal, spinodal and the critical points. The program of numerical solution of these systems of equations using a computer is proposed. An example is given for the calculation of the «incompatible» phase separation of a solution of two polymers with allowance for the polydispersity of specimens.

---