

К. Ж. АБДИЕВ

ИНТЕРПОЛИМЕРНОЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ С УЧАСТИЕМ ПОЛИМЕРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ПРОСТЫХ ВИНИЛОВЫХ ЭФИРОВ (Обзор)

В обзорной статье обсуждено интерполимерное комплексообразование с участием полимеров, полученных на основе простых эфиров.

Водорастворимые полимеры благодаря удачному сочетанию физико-химических свойств высокомолекулярных соединений и электролитов находят широкое применение во многих областях науки и техники [1; 2-4]. При этом физико-химические свойства полимеров могут быть регулированы посредством варьирования гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) макромолекул через введения гидрофильного или гидрофобного фрагмента в макроцепь или с помощью реакции межмолекулярного взаимодействия. Продукты реакции взаимодействия между химически комплементарными полимерами, т.е. полимерами, функциональные группы которых обладают средствами друг к другу, а их геометрическое строение не создает препятствий для образования достаточно большого числа межмолекулярных связей, называются интерполимерными комплексами (ИПК).

Функциональные группы, участвующие в реакции ИПК, могут располагаться как в основной цепи, так и в боковых группах, а также на поверхности глобулярных или других частиц.

Возможно образование ИПК через водородные связи (комплексы поликарбоновых кислот с поли-N-винилпирролидоном (ПВП), поливиниловым спиртом (ПВС), полиэтиленгликолем (ПЭГ), (co)полимерами простых виниловых эфиров (ПВЭ) [5-16], за счет вандерваальсовых сил притяжения (стереокомплексы изо- и синдиотактического полиметилметакрилатов) [17; 18], донорно-акцепторных взаимодействий (комплексы с переносом заряда) [19; 20] и электростатических сил взаимодействия противоположно заряженных полиэлектролитов (ПЭ) [21-32]. Поликомплексы, стабилизированные электростатически

ми силами, называются полиэлектролитными комплексами (ПЭК).

ИПК могут быть получены с помощью следующих методов: 1) путем смешения растворов взаимодействующих полимеров в общем растворителе [5-32]; 2) на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей [33-39] и 3) методом матричной полимеризации [40-42].

В зависимости от условия проведения интерполиэлектролитной реакции, возможно образование стехиометричных (с-ПЭК) и нестехиометричных (н-ПЭК) [43-49] полиэлектролитных комплексов. С-ПЭК чаще все образуются в том случае, когда молярное соотношение взаимодействующих между собой полиэлектролитов составляет 1:1, в расчете на моль мономерных звеньев. При этом с-ПЭК плохо растворяются или вовсе не растворяются в воде.

Во время как водорастворимые н-ПЭК образуются тогда, когда молярное соотношение полиэлектролитов в растворе намного меньше единицы и молекулярная масса одного из полиэлектролитов больше таковой второго ПЭ. При этом полиэлектролит, имеющий относительно высокую молекулярную массу и находящегося в избыточном количестве по отношению к второму полиэлектролиту, называется лиофилизующим полиэлектролитом (л-ПЭ), а противоположно заряженный полиэлектролит, имеющий соответственно относительно низкую молекулярную массу и с меньшей концентрацией, называется блокирующим ПЭ (б-ПЭ).

Еще одним необходимым условием получения водорастворимых н-ПЭК является присутствие определенного критического количества низкомолекулярного электролита в смеси раство-

ров полиэлектролитов и ионизация функциональных групп л-ПЭ. Условия образования, строения и физико-химические свойства ИПК подробно рассмотрены в обзорных статьях [21; 40; 50-54] и монографиях [55-57].

В данном обзоре будут рассмотрены работы, касающиеся интерполимерного комплексообразования с участием гомо- и сополимеров ПВЭ.

Комплексообразование в водных растворах (со)полимеров на основе ПВЭ.

Известны гомополимеры винилового эфира этиленгликоля (ВЭЭГ), винилового эфира диэтиленгликоля (ВЭДЭГ), винилового эфира моноэтаноламина (ВЭМЭА), винилалкиловых эфиров и их сополимеры (СП) с карбоновыми и малеиновой кислотами (МК), акриламидом (АА), N-винилпирролидоном (ВП), диметилдиаллил аммоний хлоридом (ДМДААХ). Гомо- и сополимеры ПВЭ, благодаря наличию в их структуре протоноакцепторных (простых эфирных и amino-) и протонодонорных (гидрокисльных) групп, способны образовать с другими полимерами ИПК, стабилизированные через водородные связи. Соплимеры ПВЭ с поликислотами, ДМДААХ могут проявлять также способность к образованию ПЭК.

В работах [58; 59-69] изучено взаимодействие поликарбоновых кислот – полиакриловой (ПАК) и полиметакриловой (ПМАК) кислот – с поливиниловым эфиром этиленгликоля (ПВЭЭГ), поливиниловым эфиром диэтиленгликоля (ПВЭДЭГ) и сополимерами ВЭЭГ-ВБЭ, а также взаимодействие сополимеров ВЭЭГ-ВБЭ и ВБЭ-АК между собой. Установлено, что в нейтральных и слабых кислых водных растворах ИПК образуются только в системах ПВЭДЭГ-ПМАК, ВЭЭГ-ВБЭ : ПМАК и ВЭЭГ-ВБЭ : ПАК, которые стабилизированы водородными связями и гидрофобными взаимодействиями. Образование поликомплексов посредством водородных связей установлено также в смесях сополимеров ВЭЭГ-ВБЭ и ВБЭ-АК, при этом устойчивость образующихся поликомплексов зависит от содержания ВБЭ в составах сополимеров [61; 65]. При этом ИПК имеют следующие составы: ПВЭДЭГ : ПМАК=1:1, ПАК : ВЭЭГ-ВБЭ=2:1; ПМАК : ВЭЭГ-ВБЭ=1:1 и ВЭЭГ-ВБЭ : ВБЭ-АК=1:1 [58; 65].

В то же время, в системах ПВЭЭГ-ПАК и ПВЭЭГ-ПМАК комплексообразование не наблюдается, что было объяснено недостаточной

гидрофобностью макромолекул ПВЭЭГ. О существенной роли гидрофобных взаимодействий в интерполимерных реакциях комплексообразования свидетельствует то, что в слабых кислых растворах поликарбоновые кислоты не взаимодействуют с ПВЭЭГ, а в сильно кислых средах наблюдается образование поликомплексов в системах ПВЭЭГ-ПАК и ПВЭЭГ-ПМАК. Причем для каждой конкретной системы существует критическое значение pH среды, выше которого происходит разрушение поликомплексов, образованных посредством водородных связей. При этом с ростом гидрофобности макромолекул взаимодействующих полимеров (например, при переходе от ПВЭЭГ к ПВЭДЭГ или от ПАК к ПМАК; при увеличении содержания гидрофобного мономера в составе сополимеров) величины критических pH сдвигаются в область более высоких значений [66-69].

На устойчивость ИПК с участием полимеров на основе ПВЭ существенное влияние оказывает также присутствие низкомолекулярной соли [70; 71-73]. Установлено, что в присутствии и с ростом концентрации солей в водных растворах смесей ПВЭЭГ с ПАК комплексообразование между полимерами усиливается и наблюдается сдвиг критических величин pH в область больших значений. При этом на устойчивость ИПК влияние оказывает природа противоиона. Например, в присутствии одновалентных низкомолекулярных электролитов устойчивость поликомплекса ПВЭЭГ – ПАК уменьшается в следующей последовательности: $\text{NH}_4\text{Cl} > \text{KCl} > \text{NaCl}$, что может быть объяснено уменьшением радиуса катионов в указанной последовательности [72].

Влияние pH, концентрации полимеров, ионной силы раствора на процесс комплексообразования ПАК линейного и сшитого строения с линейным ПВЭЭГ рассмотрено в [73]. Найдено критическое значение $\text{pH}=2,0$, ниже которого осуществляется взаимодействие линейных макромолекул. Обнаружено увеличение комплексообразующей способности полимеров с ростом их концентрации и ионной силы раствора. При этом взаимодействие между сшитой ПАК, набухшей в этаноле или изопропанолем, и линейным ПВЭЭГ сопровождается контракцией органогеля вследствие образования ИПК не только на его поверхности, но и внутри полимерной сетки.

В работе [70; 74-76] изучено влияние ГЛБ макромолекул на их комплексообразующие свойства в водных растворах сополимеров ВЭДЭГ-ВБЭ различных составов. Показано, что с повышением содержания фрагментов ВБЭ в сополимерах образуются ИПК ВЭДЭГ-ВБЭ с ПАК более компактной структуры, которое обусловлено усилением гидрофобных взаимодействий. При этом поликомплекс имеет состав: ВЭДЭГ-ВБЭ : ПАК=1:2. Установлено, что существуют критические значения концентрации полимеров и рН раствора для комплексообразования сополимера ВЭДЭГ-ВБЭ с ПАК. Например, при концентрации полимеров $c < 0,01$ моль/л комплексообразование в указанной системе не наблюдается. А критическое значение рН, выше которого происходит разрушение ИПК, зависит от гидрофобности сополимера ВЭДЭГ-ВБЭ. С ростом содержания ВБЭ в составе сополимера ВЭДЭГ-ВБЭ критическое значение рН комплексообразования с ПАК сдвигается в область больших значений из-за усиления внутримолекулярных гидрофобных взаимодействий в ИПК.

Показано, что неионные (со)полимеры, содержащие ВЭДЭГ в звеньях, характеризуются более высокой комплексообразующей способностью, чем сополимеры, имеющие в своем составе ВЭЭГ [70]. А добавление солей (NaCl или KCl) к раствору исходных реагентов благоприятствует реакциям комплексообразования из-за снижения взаимодействия полимер-растворитель.

Авторы работы [77] исследовали интерполиэлектролитные реакции между ПВЭМЭА и сополимером ВиБЭ с малеиновой кислотой (ВиБЭ-МК). Установлено формирование ПЭК, состав которого отличается от эквимолярного: ПВЭМЭА : ВиБЭ-МК=1:0,8. При этом варьирование рН среды и порядок смешения компонентов не влияет на состав образующихся ПЭК.

Выявлена уникальная устойчивость полученного ПЭК к воздействию ионной силы среды, которая, по мнению авторов [77], связана с существенным вкладом гидрофобных взаимодействий в стабилизацию ПЭК. При этом ПЭК сополимера ВиБЭ-МК с ВЭМЭА, образованный на границе раздела вода-бутанол, имеет более регулярное строение, чем ПЭК, образованный в объеме раствора.

Исследованию взаимодействия сополимера АК-ВБЭ (состав 55:45 мол. %) с поли-N-метил-

4-винилэтилпиперидолом-4 и ПВЭМЭА на границе вода-бутиловый спирт; сополимера ВЭМЭА-Ст (состава 27:83 мол. %) с ПАК и ПМАК на границе раздела вода-бензол посвящена работа [78]. Обнаружено, что указанные пары реагентов в условиях эксперимента образуют ПЭК с солевыми связями $-COO^- \cdot NH_3^+$. Установлено, что пленки ПЭК, полученные на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, хорошо набухают в воде и могут быть использованы для диализа некоторых органических жидкостей.

Влияние лекарственного вещества – лидокаина гидрохлорида – на устойчивость поликомплексов ПАК-ПВЭЭГ и ПАК-ПВМЭ исследовано в [79; 80]. Установлено, что в системе ПАК-ПВЭЭГ в присутствии лидокаина образуются тройные комплексы. При этом связывание лекарственного вещества с поликомплексом осуществляется за счет солевых связей лидокаина с ПАК, а также водородных связей и гидрофобных взаимодействий с ПВЭЭГ.

Образование тройного комплекса посредством электростатических сил, гидрофобных взаимодействий и водородных связей обнаружено также в системе ПАК, ПВМА и лидокаин.

Комплексообразование (со)полимеров на основе ПВЭ в органических растворителях.

На устойчивость ИПК сильное влияние оказывает природа растворителя, т.к. при замене полярного растворителя – воды – на органическую жидкость возможно изменение конформационного состояния макромолекул, степени ионизации полярных групп и прочности гидрофобных взаимодействий. В литературе нет единого мнения относительно влияния органических растворителей на устойчивость ИПК. По мнению некоторых авторов [81; 82], в органических растворителях происходит разрушение гидрофобных взаимодействий, что приводит к разрушению ИПК, стабилизированных взаимодействиями углеводородных радикалов макроцепи. В то же время в системах ПВЭЭГ-ПАК и ПВЭДЭГ-ПАК замена воды как растворителя на органические жидкости (изопропанол, этанол, смесь изопропанол-этанол (1:1)) сопровождается повышением стабильности поликомплексов поликарбонатовых кислот с ПВЭЭГ и ПВЭДЭГ, образованных посредством водородных связей [71; 83]. Однако, в системе сополимер ВЭЭГ-ВБЭ – ПАК с ростом содержания ВБЭ в составе сополиме-

ра стабильность ИПК в изопропанолe снижается [67]. В то время как, рост содержания ВБЭ в составе сополимера приводит к увеличению стабильности поликомплекса ВЭЭГ-ВБЭ – ПАК в водных растворах [61; 65]. Снижение стабильности данного поликомплекса в изопропанолe с ростом содержания ВБЭ в составе сополимера обусловлено уменьшением доли активных групп ВЭЭГ, ответственных за образование водородных связей.

Комплексообразование в гидрогелях (со) полимеров на основе ПВЭ.

Гидрогели (со)полимеров ПВЭ находят широкое применение в качестве сорбентов, мембран [53], материалов биомедицинского назначения [84] и т.д. При этом одним из эффективных методов регулирования физико-химических свойств гидрогелей могут служить интерполимерные реакции комплексообразования. Потому что, в ходе реакции ИПК может происходить как контракция [74; 85-88], так и увеличение объема гидрогелей [89-92].

В работе [74] обнаружено, что взаимодействие между сшитой ПАК, набухшей в этаноле или изопропанолe, и линейным ПВЭЭГ сопровождается контракцией органогеля вследствие образования ИПК не только на его поверхности, но и внутри полимерной сетки.

Набухание гидрогеля обнаружено при погружении сшитого сополимера ВБЭ-ВЭЭГ с различным содержанием ВБЭ в водный раствор ПАК [91], при переносе гидрогеля сополимера ВиБЭ-АК (11:89 мол. %) в разбавленный раствор ПВЭ-ЭГ и при погружении сшитого сополимера АК-ВБЭ в раствор ПВЭЭГ [92], что может быть объяснено образованием ИПК в приповерхностном слое гидрогеля [93]. При этом степень набухания гидрогеля зависит от концентрации раствора полимера, рН, температуры и ионной силы среды, куда он был помещен. Например, зависимость степени набухания гидрогеля сополимера АК-ВБЭ в растворе ПВЭЭГ от концентрации последнего имеет экстремальный характер и максимальная степень набухания наблюдается при концентрации раствора ПВЭЭГ, равной 0,1 моль/л.

Показано, что повышение рН раствора ПВЭ-ЭГ благоприятно влияет на степень набухания сшитого сополимера АК-ВБЭ в этом растворе. В то же время, увеличение ионной силы раство-

ра ПВЭЭГ (добавление и рост концентрации NaCl) наоборот снижает набухающую способность сшитого сополимера [92].

Создание кислой среды усиливает интерполимерное взаимодействие и сопровождается сорбцией ПАК гидрогелем сополимера ВБЭ-ВЭЭГ и сорбцией ПВЭЭГ гидрогелем сополимера ВиБЭ-АК с образованием гидрофобного ИПК по всему объему гидрогеля, т.е. происходит контракция гидрогеля.

Показано, что повышение температуры в пределах 283?353 К сначала приводит к контракции гидрогеля АК-ВБЭ в растворе ПВЭЭГ, затем вызывает увеличение степени набухания гидрогеля [92].

Комплексообразование на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей и мембраны на их основе.

Исследование комплексообразования на границах раздела фаз имеет как научное, так и практическое значение. Научная ценность состоит в том, что такие исследования помогают установить общие закономерности, механизмы интерполимерного комплексообразования и пути регулирования физико-химических свойств материалов на их основе [94-97]. Практическая важность таких исследований заключается в том, что ИПК, получаемые таким способом, успешно могут быть применены в качестве различных разделительных мембран.

Интерполимерные комплексы на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей обычно получают путем полива раствора одного полимера в органической жидкости на поверхность водного раствора другого полимера [97]. Затем органическую жидкость выпаривают и снимают тонкую пленку, образующуюся на границе раздела фаз.

В работах [14; 15; 98-104] различными физико-химическими методами исследовано межфазное взаимодействие некоторых сополимеров ПВЭ с другими полимерами. Показано, что сополимеры АК-ВБЭ взаимодействуют с ПВЭ-МЭА и поли-N-метил-4-винилэтинил пиперидином-4 (ПВЭП) за счет электростатических сил притяжения противоположно заряженных групп полиэлектролитов и при этом составы ИПК, образующихся на межфазной границе, отличаются от таковых для поликомплексов, полученных путем смешения растворов полимеров. Например,

если ИПК сополимера АК-ВБЭ с ПВЭМЭА и ПВЭП, полученные при титровании водного раствора первого соединения бутанольным раствором второго, имеют состав АК-ВБЭ : ПВЭМЭА (ПВЭП)=1:2, то поликомплексы АК-ВБЭ – ПВЭМЭА и АК-ВБЭ – ПВЭП, образующиеся на границе раздела вода-бензол, имеют состав 1:1, в расчете на моль мономерных звеньев полимеров [14; 104]. При этом на состав ИПК существенное влияние оказывает еще и температура; если при 298 К поликомплекс имеет состав АК-ВБЭ:ПВЭП=1:2, то при 323 К – 1:4 [98].

В работе [104] исследовано комплексобразование на межфазной границе раздела водный раствор ПАК (ПМАК) – бензольный раствор сополимера стирола (Ст) с ВЭМЭА (Ст-ВЭМЭА). Содержание стирола в составе сополимеров Ст-ВЭМЭА составляло 73 и 85 мол. %. Установлено, что ИПК образуются за счет электростатических сил притяжения между аминными группами ВЭМЭА и карбонильными группами поликислоты. При этом состав образующихся ПЭК зависит не только от природы поликарбоновой кислоты, но от содержания Ст в составе сополимера. Например, ПЭК в зависимости от содержания Ст в сополимере и природы поликислоты имеют следующие составы: ПЭК ПАК : Ст-ВЭМЭА (содержание Ст 85 мол. %)=2:1; ПЭК ПАК : Ст-ВЭМЭА (содержание Ст 73 мол. %)=1:2 и ПЭК ПМАК : Ст-ВЭМЭА (содержание Ст 73 мол. %)=1:1.

Изучением кинетики реакции комплексобразования в системе сополимер Ст-ВЭМЭА – ПАК при различных температурах, установлено, что энергия активации реакции комплексобразования для данной системы составляет $E_{\text{акт}} = 17,5$ кДж/моль.

Свойства мембран на основе полиэлектролитных комплексов эквимольного состава: ПАК – ПВЭМЭА; сополимеры АК-ВБЭ (с содержанием 3, 13, 40 и 45 мас. % ВБЭ) – ПВЭМЭА; ПАК-ПВЭП и сополимер АК-ВБЭ – ПВЭП, полученных в объеме 5 мас. % водного раствора муравьиной кислоты, изучены в работе [99]. Методом ИК-спектроскопии показано, что в системах ПАК-ПВЭМЭА и ПВЭП – СП АК-ВБЭ (содержание ВБЭ 3 и 13 мас. %) комплексобразование осуществляется за электростатических сил притяжения между ионами COO^- и NH_3^+ и при термической обработке мембраны (нагревание

до 140-150°C) часть ионных связей переходит в амидную CO-NH связь.

Обнаружено, что мембраны на основе поликомплексов ПАК-ПВЭМЭА и СП АК-ВБЭ (с содержанием 45 мас. % ВБЭ)-ПВЭМЭА стабильны в широком интервале температур и разрушаются только при температуре 420÷440°C.

Исследованием влияния гидрофобности макромолекулы сополимера, pH и свойства растворителя на степень набухания мембран показано [99], что когда содержание ВБЭ в составе сополимера АК-ВБЭ составляет не менее 45 мас. %, степень набухания в воде мембран на основе ИПК СП АК-ВБЭ-ПВЭМЭА уменьшается, а в метаноле растет. Это объясняется тем, что в воде гидрофобные взаимодействия между макромолекулами в составе ИПК усиливаются и в результате этого объем мембраны сужается. Наоборот, растворение гидрофобных групп ИПК в метаноле увеличивает степень набухания мембраны.

Для мембраны на основе поликомплекса сополимер АК-ВБЭ (с 13 мас. % ВБЭ)-ПВЭМЭА степень набухания в смеси вода-метанол имеет максимум в области равных объемных соотношений растворителей в смеси, что с точки зрения термодинамики является лучшим растворителем для данной мембраны.

Изучение влияния pH на стабильность мембран показало, что полученные интерполимерные комплексы стабильны в интервале pH 2.5÷10.5. ИПК сополимер АК-ВБЭ (с 13 мас. % ВБЭ) – ПВЭМЭА и мембраны на его основе имеют изоэлектрическую точку при pH=6.5.

Полупроницаемость относительно мочевины для мембран поликомплекса ПАК-ПВЭП составила $3.4 \cdot 10^{-3}$ см/мин, а для мембран поликомплекса сополимер АК-ВБЭ (с 13% мас. ВБЭ)-ПВЭП – $2.3 \cdot 10^{-3}$ см/мин. Относительно меньшая проницаемость последней мембраны, по мнению авторов [99], связана с большей гидрофобностью макромолекул сополимера АК-ВБЭ по сравнению с макромолекулой ПАК.

Условия образования и деформационно-прочностные свойства гидрофильных пленок на основе ИПК ПАК-ПВЭЭГ исследованы в работе [105]. Установлено, что для пленок ИПК ПАК-ПВЭЭГ с содержанием ПВЭЭГ 10 и 20 мол. %, характерны свойства, типичные для полимеров в стеклообразном состоянии, т.е. при наложении

значительных нагрузок образцы деформируются и начинают разрушаться при растяжении 2 % и более. При этом деформация имеет необратимый характер.

С увеличением содержания ПВЭЭГ до 30÷50 мол. % пленки приобретают свойства, характерные для полимеров в высокоэластическом состоянии. Например, при напряжениях 10÷50 МПа образцы подвергаются значительной деформации до 400÷500 %, а после снятия нагрузки на 70÷80 % восстанавливают исходные размеры. Согласно [105], эластичность пленок обусловлена высокой пластифицирующей способностью полиэфира.

Впервые получены сшитые пленки на основе ИПК ПАК-ПВЭЭГ методом радиационного сшивания и показано, что их физико-химические свойства зависят от условий сшивания и состава композиций. Установлено также, что высокие значения деформации (свыше 100%) достигаются при меньших напряжениях по сравнению с исходными необлученными образцами. При этом облучение до 54 кГр позволяет получить пленки с деформацией при разрыве свыше 600%. А дальнейшее увеличение дозы облучения до 75.6 кГр приводит к снижению деформации до 300%, что обусловлено формированием более плотной сетки, препятствующей развитию больших деформаций [105].

Таким образом можно заключить, что (со)полимеры на основе ПВЭ вступают в реакции интерполимерного комплексобразования в водных, органических и водно-органических средах, а также в гидрогелях. При этом в зависимости от функционального состава полимеров и степени ионизации функциональных групп, (со)полимеры ПВЭ могут образовывать поликомплексы путем установления водородных связей между макромолекулами или за счет ван-дер-ваальсовых и электростатических сил притяжения заряженных групп полимеров.

Существенный вклад в стабилизации интерполимерных комплексов вносят гидрофобные взаимодействия между углеводородными радикалами полимеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бектуров Е.А., Мягченков В.А., Куренков В.Ф. Полимеры и сополимеры стиролсульфокислоты. -Алма-Ата: Наука, 1989. -192 с.
2. Куренков В.Ф. // Соросовский образов. журн. -1997. № 5. -С. 48-53.
3. Куренков В.Ф. // Соросовский образов. журн. -1997. № 7. -С. 57-63
4. Осипова Е.А. // Соросовский образов. журн. -1999. № 8. -С. 40-47.
5. Кабанов В.А., Паписов И.М. // Высокомолекул. соединен. -1979. -Т(А). 21, № 2. -С. 243-261.
6. Воробьева Е.В., Крутько Н.Т., Литманович А.А. // Коллоид. журн. -1992. -Т. 54, № 2. -С. 60-63.
7. Bailey F.E., Lundberg Jr.R.F., Callard R.W. // J. Polym. Sci. -1964. -Part A. -V. 2, № 26. -P. 845-851.
8. Антипина А.Д., Барановский В.Ю., Паписов И.М., Кабанов В.А. // Высокомолекул. соедин. -1972. -Т(А). 14, № 4. -С.941-949.
9. Досева В., Шенков С., Барановский В.Ю. // Коллоид. журн. -1993. -Т. 55, № 6. -С. 16-20.
10. Меньшикова А.Ю., Скуркис Ю.О., Евсеева Т.Г., Шкарубская З.П., Тенникова Т.Б., Иванчев С.С. // Журн. приклад. хим. -2004. -Т. 77, Вып. 12. -С. 2036-2041.
11. Антипина А.Д., Паписов И.М., Кабанов В.А. // Высокомолекул. соединен. -1970. -Т(Б). 12, № 4. -С. 329-331.
12. Барановский В.Ю., Казарин Л.А., Литманович А.А., Паписов И.М. // Высокомолекул. соединен. -1982. -Т(А). 24, № 7. -С. 1480-1483.
13. Бимендина Л.А., Ахметова А.К., Перфильев П.Г., Бектуров Е.А. // Изв. АН Каз ССР. Серия химич. -1976. -№ 4. -С.57-60.
14. Gazizov A.D., Zhumadilova G.T., Bimendina L.A., Kudaibergenov S.E. // Polymer. -2000. -V. 41. -P. 5793-5797.
15. Kudaibergenov S.E., Zhumadilova G.T., Bimendina L.A. // Polym. Adv. Technol. -2000. -V. 11. -P. 506-511.
16. Чалых А.Е., Герасимов В.К., Вартапетян Р.Ш., Байрамов Д.Ф., Щербина А.А. // Высокомолекул.соедин. -2005. -Т(А). 47, № 12. -С. 2098-2110.
17. Liu H.L., Liu K.J. // Macromolecules. - 1968. -V. 1. -P. 157-163.
18. Bimendina L.A., Kudaibergenova S.E., Bekturov E.A. // J. Macromol. Sci. Part C-Polymer Revs. -2003. -V. 43. -P. 24.
19. Большит Н.М., Тарабан В.Б. // Высокомолекул.соедин. -1993. -Т. 35А. -С. 1272-1277.
20. Sulzberg I., Coffey R.J. // J. Polym. Sci. - 1970. -V. 8. -P. 2747-2758.
21. Зезин А.Б., Кабанов В.А. // Успехи химии. -1982. -Т. 51, № 9. -С. 1447-1483.
22. Кабанов В.А. // Высокомолекул. соедин.- 1994. -Т(Б). 36, № 2. - С. 183-197.
23. Kabanov V.A., Zezin A.B. // Pure Appl.chem. -1984. -V. 56 (3). -P. 343-354.
24. Buchhammer H.-M., Petzold G., Lunkwitz K. // Langmuir. -1999. -N 15. -P. 4306-4310.
25. Изумрудов В.А., Харенко О.А., Харенко А.В., Гуляева Ж.Г., Касаикин В.А., Зезин А.Б., Кабанов В.А. // Высокомолекул. соедин. -1980. -Т(А). 22, № 3. -С. 692-698.
26. Mende M., Petzold G., Buchhammer H.-M. // Coll. Polym. Sci. -2002. -V.28. -P. 342-351.
27. Касаикин В.А., Харенко О.А., Харенко А.В., Зезин А.Б., Кабанов В.А. // Высокомолекул. соедин. -1979. -Т(Б). 21, № 2. -С. 84-85.
28. Нефедов Н.К., Ермакова Т.Г., Касаикин В.А., Зезин А.Б., Лопырев В.А. // Высокомолекул. соедин. -1985. -Т(А). 27, № 7. -С. 1496-1499.

29. *Reihs T., Muller M., Lunkwitz K.* // Colloid and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects -2003. -V.212. -P. 79-95.
30. *Meier-Haack J., Rieser T., Lenk W., Lehmann D., Berwald S., Schwarz S.* // Chem. Eng. Technol. 2000. -V. 23, N 2. -P.114-118.
31. *Schwarz S., Buchhammer H.-M., Lunkwitz K., Jacobasch H.-J.* // Colloid and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects -1998. -V.140. -P. 377-384.
32. *Pergushov D.V., Buchhammer H.-M., Lunkwitz K.* // Coll. Polym. Sci. -1999. -V. 277. -P. 101-107.
33. *Измайлова В.Н., Грицкова И.А., Бахарванд Х., Капустина А.А., Нусс П.В., Измайлов Л.Г., Мартынова Е.В.* // Коллоид. журн. -1997. -Т. 59, № 3. -С. 324-329.
34. *Измайлова В.Н., Левачев С.М., Ямпольская Г.П., Грицкова И.А., Капустина А.А., Нусс П.В., Мартынова Е.В., Адебайо Г.* // Коллоид. журн. -2000. -Т. 62, № 1. -С. 70-77.
35. *Ибраев К.К.* Дис. ... канд. хим. наук.- Москва: МИТХТ, 1988. -142 с.
36. *Кудайбергенов С.Е., Аскарлова М.Ж., Бектуров Е.А.* // Изв. НАН РК. Серия химич. - 1994. - № 6. - С. 70-75.
37. *Медербекова Г.Б., Хусаинова С.Х., Курманалиев О.Ш.* // Труды Междун. конф. « Молодые ученые-10-летию независимости Казахстана». Часть 1. -Алматы, 2001.-С. 735-741.
38. *Мусабеков К.Б., Жубанов Б.А., Измайлова В.Н., Сумм Б.Д.* Межфазные слои полиэлектролитов (Синтетические полимеры). -Алма-Ата: Наука, 1987. -112 с.
39. *Vimendina L.A., Kudaibergenov S.E., Bekturov E.A.* // J. Macromol. Sci. -Reviews. -2001. -V. 41. -P. 627-645.
40. *Паписов И.М.* // Высокомоле. соедин. Серия Б. -1997. -Т. 39, № 3. -С.562-573.
41. *Паписов И.М., Кабанов В.А., Осада Е., Лескано-Брито М., Реймонт Ж., Гвоздецкий А.Н.* // Высокомоле. соедин. -1972. -Т(А). 14, № 11. -С. 2462-2469.
42. *Осада Е., Некрасова Н.А., Паписов И.М., Кабанов В.А.* // Высокомоле. соедин. -1970. -Т(Б). 12, № 5. -С. 324.
43. *Харенко О.А., Харенко А.В., Касаикин В.А., Зезин А.Б., Кабанов В.А.* // Высокомоле. соедин. -1979. -Т(А). 21, № 12. -С. 2726-2733.
44. *Харенко А.В., Неверова Е.А., Калюжная Р.И., Зезин А.Б., Кабанов В.А.* // Высокомоле. соедин. -1981. -Т(А). 22, № 9. -С. 2083-2091.
45. *Рогачева В.Б., Рыжиков С.В., Зезин А.Б., Кабанов В.А.* // Высокомоле. соедин. -1984. -Т(А). 26, № 8. -С. 1674-1680.
46. *Суворова А.И., Тюкова И.С., Борисова Т.С., Плетнева Л.В.* // Высокомоле. соедин. -2005. -Т(А) 47, № 12. -С. 2111-2117.
47. *Шульга Г.М., Тельшьева Г.М., Зезин А.Б.* // Высокомоле. соедин. -1997. -Т(А) 39, № 10. -С. 1675-1680.
48. *Кабанов В.А., Зезин А.Б.* // Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР. Серия «Органич. химия». -М. -1984. -Т. 5. -С.131-189.
49. *Кабанов В.А., Зезин А.Б., Харенко А.В., Калюжная Р.И.* // Докл. АН СССР. -1976. -Т 230, № 1. -С. 139-142.
50. *Зезин А.Б., Рогачева В.Б.* // В кн.: Успехи химии и физики полимеров. -М.: Наука, 1973. -С. 3-23.
51. *Бектуров Е.А., Кудайбергенов С.Е., Рафииков С.Р.* // Успехи химии. -1991. -Т. 60, Вып. 4. -С. 835-851.
52. *Mun G.A., Nurkeeva Z.S., Khutoryanskiy V.V., Koblanov S.M.* // J. Macromol. Sci. -2003. -Part B-Physics. -V(B). 42, -№ 2. -P. 283-292.
53. *Смирнова Н.Н., Федотов Ю.А.* // Крит. технол. Мембраны. -2001. -№ 12. -С. 25-37.
54. *Политова Н., Бешлей И.* Интерполиэлектролитные комплексы: получение, строение и перспективы их применения. (Обзор). <http://www.ib.komisc.ru/t/ru/ir/vt/02-56/03.html>
55. *Бектуров Е.А., Бимендина Л.А.* Интерполимерные комплексы. -Алма-Ата: Наука, 1977. - 264 с.
56. *Бектуров Е.А., Бимендина Л.А., Мамытбеков Г.К.* Комплексы водорастворимых полимеров и гидрогелей. - Алматы: Гылым, 2003. -220 с.
57. *Бимендина Л.А., Яикарова М.Г., Кудайбергенов С.Е., Бектуров Е.А.* Полимерные комплексы. - Семипалатинск: СГУ, 2003. - 285 с.
58. *Нуркеева З.С., Мун Г.А., Хуторянский В.В.* // Высокомоле. соедин. -2001. -Т(Б). 43, № 5. -С. 925-935.
59. *Kudaibergenov S.E., Nurkeeva Z.S., Khamzatulina R.E., Bekturov E.A., Mun G.A.* // Докл. НАН РК. -1994. -№ 2. -С. 49.
60. *Kudaibergenov S.E., Nurkeeva Z.S., Mun G.A., Ermukhambetova B.B., Akbaurova A.T.* // Macromol. Chem. Phys. -1995. -V. 196. -P. 2203.
61. *Ермухамбетова Б.Б.* Автореф. Дис. ... канд. Хим. Наук. -Алматы: КазГУ, 1998. -14 с.
62. *Нуркеева З.С., Мун Г.А., Ермухамбетова Б.Б., Нам И.К., Найденова Н.А.* // Вестн. КазГУ. Серия химич. -1995. -№ 2. -С. 140-147.
63. *Kudaibergenov S.E., Nurkeeva Z.S., Mun G.A., Ermukhambetova B.B., Nam I.K.* // Macromol. Rapid Commun. -1995. -V. 16. -P. 855-860.
64. *Mun G.A., Nurkeeva Z.S., Ermukhambetova B.B., Nam I.K., Kan V.A., Kudaibergenov S.E.* // Polym. Adv. Technol. -1999. -V. 10. -P. 151-156.
65. *Нуркеева З.С., Кудайбергенов С.Е., Мун Г.А., Акбаурова А.Т., Ермухамбетова Б.Б.* // Вест. КазГУ. Серия химич. -1995. -№ 2. -С. 140.
66. *Мун Г.А., Хуторянский В.В., Нам И.К., Нуркеева З.С., Кудайбергенов С.Е.* // Высокомоле. соедин. -1998. -Т(Б). 40, № 8. -С. 1403.
67. *Mun G.A., Nurkeeva Z.S., Khutoryanskiy V.V., Bitekenova A.B.* // Macromol. Rapid Commun. -2000. -V. 21, № 7. -P. 381-384.
68. *Khutoryanskiy V.V., Mun G.A., Nurkeeva Z.S.* // Proc. 5th Internat. Symp. of Scientists of Turkic Languages Countries on Polymers and Polymer Composites. -Almaty, 1999. -P. 105.
69. *Хуторянский В.В., Мун Г.А., Битекенова А.Б., Нуркеева З.С.* // Вестн. КазГУ. Серия химич. -2001. -№
70. *Sergaziev A.D., Khutoryanskiy V.V., Kan V.V., Shaikhutdinov E.M.* // The 5th Internat. Symp. of Scientists of Turkic Languages Countries on Polymers and Polymer Composites: The 2nd Beremzhanov's Congress on Chemistry and Chemical Technology, Proceedings. Almaty, 6-9 September 1999. -Алматы: Қазақ университеті, 1999. -С. 238-329.
71. *Mun G.A., Nurkeeva Z.S., Khutoryanskiy V.V.* // Macromol. Chem. Phys. -1999. -V. 200. -P. 2136-2141.
72. *Nurkeeva Z.S., Mun G.A., Khutoryanskiy V.V., Sergaziyev A.D.* // Eur. Polym. J. -2002. -V. 38, № 2. -P. 313-316.
73. *Khutoryanskiy V.V., Mun G.A., Sergaziev A.D., Nurkeeva Z.S.* // Сб. тез. Междун. конф., г. Ташкент, 2-4 окт. 2000 г. -Ташкент, 2000. -P. 29-30.

74. Nurkeeva Z.S., Khutoryanskiy V.V., Kan V.A., Shaikhutdinov E.M. // *Euras. Chem. Tech. J.* -2000. –V. 2, N 2. –P. 125-129.
75. Мун Г.А., Нуркеева З.С., Хуторянский В.В., Канн В.А., Сергазиев А.Д., Шайхутдинов Е.М. // *Высокомо- мол. соедин.* -2001. –Т(Б). 43, № 10. –С. 1867-1872.
76. Khutoryanskiy V.V., Nurkeeva Z.S., Mun G.A. // *Macro- and Supramolecular Architectures and Materials (MAM-01): Biological and Synthetic Systems: 1st Inter. Symp., Proceedings.* Kwangju, 11-14 Apr. 2001. –Kwangju: Kwangju Institute of Science and Technology, 2001. –P. 306.
77. Жатқанбаев Е.Е., Мун Г.А., Нуркеева З.С. // *Изв. научн.-техн. общ-ва «Кахак».* -2001. –№ 4. –С. 22-26.
78. Газизов А.Д., Бимендина Л.А., Кудайбергенов С.Е., Бектуров Е.А. // *Наука Кубани.* -2000. –Ч. 2. –№ 5. –С. 145-146.
79. Нуркеева З.С., Хуторянский В.В., Мун Г.А., Битекенова А.Б. // *Высокомо- мол. соедин.* -2003. –Т(Б). 45, № 12. –С. 2096-2101.
80. Nurkeeva Z.S., Mun G.A., Khutoryanskiy V.V., Bitekenova A.B., Dzhusupbekova A.B. // *J. Biomater. Sci. Polym. Edn.* -2002. –V. 13, N 7. –P. 759-768.
81. Панисов И.М., Сергиева Е.И., Паутов В.Д., Кабанов В.А. // *Докл. АН СССР. Серия химич.* -1973. –Т. 208, № 2. –С. 397-400.
82. Bekturov E.A., Bimendina L.A. *Interpolymer Complexes // Adv. Polym. Sci.* -1981. –V. 41. –P. 99-147.
83. Nurkeeva Z.S., Mun G.A., Khutoryanskiy V.V., Zotov A.A., Mangazbaeva R.A. // *Polymer.* -2000. –V. 41, № 21. –P. 7647-7651.
84. Мун Г.А., Нуркеева З.С., Нам И.К., Хуторянский В.В., Кан В.А. // *Юбил. науч.-практ. конф. АНТОК СНГ. г. Москва, 21-23 июня 2001 г.* –М.: Президиум РАН, 2001. –С. 85-90.
85. Osada Y. // *Adv. Polym. Sci.* -1987. –V. 82. –P. 3-12.
86. Стародубцев С.Г. // *Высокомо- мол. соедин.* -1991. –Т(Б). 33, № 1. –С. 5.
87. Стародубцев С.Г., Филиппова О.Е. // *Высокомо- мол. соедин.* -1992. –Т(Б). 34, № 7. –С. 72.
88. Кобланов С.М., Мун Г.А., Хуторянский В.В., Нуркеева З.С. // *Изв. научн.-техн. об-ва «Кахак».* -2001. –Вып. 4. –С. 37-40.
89. Будтова Т.В., Сулейменов И.Э., Френкель С.Я. // *Высокомо- мол. соедин.* -1993. –Т. 35, № 1. –С. 93.
90. Карибьянц Н.С., Филиппова О.Е., Стародубцев С.Г. // *Высокомо- мол. соедин.* -1995. –Т(Б). 37, № 8. –С. 1386.
91. Bitekenova A.B., Mun G.A., Khutoryanskiy V.V., Urkimbaeva P.I., Nam I.K. // *The 5th Internat. Symposium of Scientists of Turkic Languages Countries on Polymers and Polymer Composites: The 2nd Beremzhanov's Congress on Chemistry and Chemical Technology, Proceedings.* Almaty, 6-9 September 1999. –Almaty: Қазақ университеті, 1999. С. 299-302.
92. Уркімбаева П.И., Мун Г.А., Нам И.К. // *Вестн. Каз ГУ. Серия химич.* -2001. –№ 3 (23). –С. 9-13.
93. Mun G.A., Khutoryanskiy V.V., Kudaibergenov S.E., Nurkeeva Z.S., Nam I.K., Kutbanova G. // *Abstrs. Internat. Microsymp: "Colloids and Surfaces".* –Almaty: Каз ГУ. -1998. –P. 48.
94. Хамзамулина Р.Э., Бектуров Е.А. // *Сб. трудов ИХН НАН РК «Исследование мономеров и полимеров».* –Алма-Ата; Гылым, 1991. –Т. 75. –С. 131-156.
95. Kudaibergenov S.E., Khamzamalina R.E., Bekturov E.A., Bimendina L.A., Frolova V.A., Askarova M.Zh. // *Macromol. Rapid Commun.* -1994. –V. 15. –P. 943-947.
96. Бимендина Л.А., Искараева С.Б., Бектуров Е.А. // *Изв. МН-АН РК. Серия химич.* -1996. –№ 4. –С. 76-79.
97. Предпатент РК № 2649, МПК⁵ С 08G 81/02 С 08 К 3/28. Способ получения полимерных комплексов в виде пленки / Кудайбергенов С.Е., Хамзамулина Р.Э., Аскарова М.Ж. и др.; опубл. 15.04.95. *Бюл. № 4 (11).*
98. Жумадилова Г.Т., Газизов А.Д. // *Вестн. Каз ГУ. Серия химич.* -1998. –№ 10 (2). –С. 53-56.
99. Zhumadilova G.T., Gazizov A.D., Bimendina L.A., Kudaibergenov S.E. // *Polymer.* -2001. –V. 42. –P. 2985-2989.
100. Kudaibergenov S.E., Bimendina L.A., Zhumadilova G.T. // *Abstr. 5th Internat. Symp. "Polymers for Advanced Technologies".* –Tokyo, Japan, 1999. Pl-09c. –P. 285.
101. Gazizov A.D., Zhumadilova G.T., Bimendina L.A., Kudaibergenov S.E. // *Internat. Symp. "Polyelectrolytes 2000", Les Diablerets, Zwitzerland, 2000.* –P. 80.
102. Zhumadilova G.T., Bimendina L.A., Kudaibergenov S.E. // *3-Междун. совещан.: Организационные структуры в открытых системах.* –Алматы, 2000. –С. 40-41.
103. Жумадилова Г.Т., Бимендина Л.А., Кудайбергенов С.Е. // *Междун. конф.: Мембраны и сорбционные процессы.* –Сочи, 2000. –С. 56.
104. Газизов А.Д., Мун Г.А., Нуркеева З.С., Кудайбергенова С.Е. // *Вестн. Каз ГУ. Серия химич.* -1998. –№ 9. –С. 68-70.
105. Битекенова А.Б., Джусупбекова А.Б., Хуторянский В.В., Нуркеева З.С. // *Вестн. Каз НУ. Серия химич.* -2003. –№ 2. –С. 158-161.

Резюме

Шолу мақаласында карапайым винил эфирлері негізінде синтезделген (со)полимерлердің интерполимерлік комплекс түзуі мен поликомплексстердің қасиеттері қарастырылған.

АО «Казахстанско-Британский технический университет» Поступила 14.03.2008 г.