

## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
PIHHI (Russia) = 0.126  
ESJI (KZ) = 8.716  
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

### International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2020 Issue: 03 Volume: 83

Published: 30.03.2020 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



#### Karam Sefi Shixaliyev

Azerbaijan State Oil and Industry University  
Doctor of Technical Sciences, Professor-Academician of the European Academy of Natural Sciences  
Professor, Department of Organic substances and technology of macromolecular compounds  
Baku, AZ1010, Azerbaijan, 20 Azadlig Avenue  
[kerem\\_shixaliyev@mail.ru](mailto:kerem_shixaliyev@mail.ru)

#### Narmina.V. Abbasova

Azerbaijan State Oil and Industry University  
Doctoral student

#### Pərvin Nurəddin Qulizadə

Azerbaijan State Oil and Industry University  
Doctoral student

#### Elekber Husein Rehimli

Azerbaijan State Oil and Industry University  
Doctoral student

#### Anar E. Aqayev

Azerbaijan State Oil and Industry University  
Doctoral student

## DETERMINATION OF COMPATIBILITY OF POLYMER SYSTEMS, SKEP, PU, KhKPE AND CHEMICAL FEATURES OF THEIR MIXTURES

**Abstract:** The technology for producing new composite materials based on industrial multi-tonnage polymers polyethylene (PE), polyvinyl chloride (PVC), polyurethane thermoelastoplast (DUTEP), butyl rubber (BC), chlorocarboxylate polyethylene (HCPE), ethylene propylene rubber (SKEP) has been developed.

Determined thermodynamic relationship (compatibility) system-butyl rubber-polyethylene (BK-LDPE), polyvinyl chloride, high – pressure polyurethane thermoplastic (PVC-UTEP), PVC chargeability polyethylene (PVC-CPE), HCPE of UTEP, BC-GATED (EPDM material-VC) by the method of inverse gas chromatography and identified structural features of these systems using IR spectroscopy and polarizing microscopy. It is shown that the presence of polyfunctional groups (chlorine, hydroxyl, carboxyl) significantly affects the compatibility mechanism and gives a universal set of properties (increased adhesive strength, tear and tear strength, resistance to thermal and chemical). The solubility parameters of four polymers of different polarities were determined using turbid metric titration (TD) and reverse gas chromatography. Based on the temperature dependence of the solubility parameter obtained from the retention times of the sorbents, the solubility parameter value was calculated, reduced to 298 K, and compared with the value obtained by the TDG method at the same temperature. An increase in the difference between the values of the solubility parameters obtained by the two methods is shown with an increase in the polarity of the polymer. The observed effect is explained by the Diametrically opposite state of the studied polymer-solvent systems.

**Key words:** polymer, macromolecules, compatibility, polyethylene (PE), polyvinyl chloride (PVC), polyurethane thermoplastic elastomer (DOTAP), butyl rubber (BK), chargeability polyethylene (HCPE), ethylene propylene rubber (EPDM material), solubility parameter, sorbent, stability, macromolecules, polyfunctional groups.

**Language:** Russian

## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

**Citation:** Shixaliyev, K. S., Abbasova, N. V., Qulizadā, P. N., Rehimli, E. H., & Aqayev, A. E. (2020). Determination of compatibility of polymer systems, SKEP, PU, KHKPE and chemical features of their mixtures. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 03 (83), 307-318.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-03-83-57> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2020.03.83.57>

**Scopus ASCC:** 1600.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ ХПЭ,СКЭП,ПУ, ХКПЭ И ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ СМЕСЕЙ

**Аннотация:** Разработана технология получения новых композиционных материалов на основе промышленных много тоннажных полимеров полиэтилен (ПЭ), поливинилхлорид (ПВХ), полиуретан термоэластопласт (ДУТЭП), бутилкаучук (БК), хлоркарбоксилатный полиэтилен (ХКПЭ), этиленпропиленовый каучук (СКЭП).

Определена термодинамическая зависимость (совместимость) системы бутилкаучук-полиэтилен (БК-ПЭВД), поливинилхлорид высокого давления – полиуретан термоэластопласт (ПВХ-ПУТЭП), ПВХ-хлоркарбоксилатный полиэтилен (ПВХ-ХПЭ), ХКПЭ-ПУТЭП, БК-ГОТЭД (СКЭП-БК) методом обращенной газовой хроматографии, а также выявлены структурные особенности этих систем с применением ИК-спектроскопии и поляризационной микроскопии. При этом показано, что наличие полифункциональных групп (хлорной, гидроксильной, карбоксильной) существенно влияет на механизм совместимости и придаёт универсальный комплекс свойств (повышенная адгезионная прочность, прочность на разрыв и разрыв, стойкость к тепловому и химическому разрушению) за счёт межмолекулярного полярного взаимодействия макромолекул.

Определены методами турбидиметрического титрования (ТДГ) И обращенной газовой хроматографии параметры растворимости четырех полимеров различной полярности. По температурной зависимости параметра растворимости, полученного по временам удержания сорбентов, вычислялась величина параметра растворимости, приведенная к 298 К, и сравнивалась с величиной, полученной по методу ТДГ при той же температуре. Показано увеличение разницы между величинами параметров растворимости, полученными двумя методами, с увеличением полярности полимера. Наблюдаемый эффект объясняется Диаметрально противоположным состоянием исследуемых систем "полимер-растворитель".

**Ключевые слова:** макромолекул, совместимость, полиэтилен (ПЭ), поливинилхлорид (ПВХ), полиуретан термоэластопласт (ДУТЭП), бутилкаучук (БК), хлоркарбоксилатный полиэтилен (ХКПЭ), этиленпропиленовый каучук (СКЭП). параметр растворимости, сорбент, стойкость, макромолекул, полифункциональные групп.

#### Введение

Проблема получения полимерных материалов, обладающих необходимыми свойствами для работы в экстремальных условиях, в настоящее время решается двумя-путями; синтезом новых видов полимеров и созданием полимерных композиций, где свойства отдельных компонентов аддитивно дополняют друг друга

В связи с этим, в существующих технологических условиях разработка различных полимерных композиций, значительно упрощающих технологический цикл переработки, резко снижающих массу и габариты продукции и, естественно, её себестоимость, является актуальной задачей[1-12].

Важной задачей также является проблема переработки полимерных композиционных систем, обладающих полифункциональными свойствами на основа полиолефинов и гетероцепных полимеров, обеспечивающих высокие физико-механические свойства изделий, работающих в экстремальных условиях. Задача исследования - создания полимерных систем, о требуемым комплексом технически важных

свойств, путем разработки теоретических основ совместимости, выявления термодинамических закономерностей, сочетания различных полифункциональных компонентов с оптимальными свойствами конечного материала[13-18].

**Актуальность и важность** этой проблемы определяется тем, что создание теории многокомпонентных систем крайне слабо отражено в литературе, хотя важность применения таких материалов в современной технике трудно переоценить.

Исследование свойств разработанных полимерных композиций и условий их переработки на существующем технологическом оборудовании в производственных условиях, создание многокомпонентных полимерных систем, с требуемым комплексом техники, важных свойств путем разработки теоретических основ совместимости соответствующим выявлением термодинамических закономерностей, сочетание различных полифункциональных компонентов с

## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 0.126  
ESJI (KZ) = 8.716  
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

оптимальными свойствами делает выбранное направление актуальным в практическом плане.

-Выявлены закономерности термодинамической совместимости различных промышленно-выпускаемых полиолефинов и гетероцепных полимеров и возможность на основе их смесей получать композиционные материалы со значительно повышенными комплексами эксплуатационных свойств на базе существующих производственных мощностей и технологического оборудования.

-Разработанные методы химической и физической модификации индивидуальных полимеров, их смесей; для повышения эксплуатационных свойств композиционных материалов; в том числе метод модификации поли- этилена, -позволивший значительно повысить его - термоустойчивость на воздухе, к в вакууме, антикоррозийные свойства.

-Эффективность использования в композиционных материалах нефтеполимерной смолы-СПП, предназначенных для производства изделий, эксплуатирующийся в условиях повышенных механических износов, температур, давлений и деформаций.

-Разработаны композиционные материалы на основе смесей ПВХ+ПУТЭП, ХКПЭ+ПВХ, ХКПЭ+ПУ, ПЭВД+БК, технологии их производства и переработки, применение в новых эффективных изделиях технического назначения с экстремальными условиями эксплуатации: литьевые шины для сельскохозяйственных машин, центраторы для обсадных колонн, зонды для ядерно-магнитного каротажа, скребки и норийные ковши, уплотнители колец для пневматических излучателей, триерные поверхности для зерноочистительных машин

**Проблема и ее актуальность.** Проблема получения полимерных материалов, обладающих необходимыми свойствами для работы в экстремальных условиях, в настоящее время решается двумя путями: синтезом новых видов-полимеров и созданием полимерных композиций, где свойства отдельных компонентов аддитивно дополняют друг друга. Научно-технический прогресс- производства предъявляет к полимерным изделиям все новые и новые жесткие требования, а потребность промышленности к новым материалам непрерывно возрастает. Поэтому весьма актуальным в существующих технологически; условиях является разработка различных полимерных -композиций, значительно упрощающих технологию их производства и переработки, сокращающих затраты на получение материалов с необходимыми комплексами свойств.

В Азербайджане, с одной стороны, имеется крупнотоннажное производство индивидуальных полиолефинов и гетероцепных полимеров, позволяющих реализовать определенную гамму эксплуатационных свойств полимерных изделий, а с другой стороны, постоянное развитие техники требует расширения диапазона применения полимерных изделий, повышения их технического уровня. Это противоречие выдвинуло как одну из важнейших народнохозяйственных проблем необходимость разработки промышленной технологии получения на основе выпускаемых полиолефинов и гетероцепных полимеров, новых видов композиционных материалов с существенно расширенными эксплуатационными возможностями, предложить производство новых высокоэффективных изделий с использованием - существующих производственных мощностей и технологического оборудования.

Однако, несмотря на большие экономические и технические преимущества производства кошозпдаонных материалов на основе крупнотоннажного - производства полиолефинов и гетероцепных полимеров до последнего, времени в Сумгайтском экономическом районе , как и в других регионах страны, осуществлялось промышленное производство-индивидуальных полимеров; бутилкаучука, поливинилхлорида, хлоркарбосилатного полиэтилена, полиэтилена высокого давления, полиуретана и других, что значительно снижало эффективность их использования в народном хозяйстве - страны, экспортные возможности.

Такая ситуация вызывалась тем, что еще совершенно- недостаточно развита теория многокомпонентных полимерных систем, отсутствовали научно-обоснованные рекомендаций по производству, переработке и применению таких композиционных материалов.

Актуальность проблемы: определяется необходимостью разработки научных основ совместимости промышленно выпускаемых полимеров путем выявления термодинамических закономерностей смесей полимеров.

**Цель, работы** - разработка научных основ промышленной технологии производства композиционных материалов, с широкой гаммой- эксплуатационных свойств на основе полиолефинов и гетероцепных полимеров с использованием существующих производственных мощностей и технологического оборудования; для обеспечения -выпуска первых в отечественной практике- высокоэффективных литьевых бескордных шин и других остродефицитных изделий. Достижение указанной цели потребовало: выявления наиболее важных. термодинамических закономерностей смесей промышленно-выпускаемых

## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 0.126  
ESJI (KZ) = 8.716  
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

полиолефинов и гетероцепных полимеров и разработки на этой основе научных основ их совместимости, создания многокомпонентных композиционных материалов с требуемый комплексом эксплуатационных свойств;

- изучения термодинамической совместимости компонентов полимерных смесей, представляющих наибольший практический интерес для народного хозяйства и, прежде всего, Азербайджанского региона: бутилкаучука (БК), этилен-пропиленового каучука (СКЭП), хлоркарбосилатного полиэтилена (ХКПЭ), полиэтилена высокого и низкого давлений ПЭВД и ПЭНД), поливинилхлорида (ПВХ), полиуретан термоэластопласта (ПУТЭП), хлорированного полиэтилена (ХПЭ);

-разработки остродефицитных материалов и изделий душ шинной и -нефтяной промышленности на основе двух - и многокомпонентных полимерных смесей;

- разработки технологии переработки созданных композиционных полимерных-материалов, позволяющей в наибольшей степени использовать существующие производственные мощности и технологическое оборудование;

- разработки необходимой технологической, технической и конструкторской документации для освоения промышленного производства созданных композиционных материалов и изделий.

**Научная новизна работы.** На основе анализа, обобщения существующих теорий совместимости полимеров и выполненных экспериментальных исследований впервые разработаны научные основы концепции создания композиционных материалов из многокомпонентных систем на основе промышленно-выпускаемых полиолефинов и гетероцепных полимеров. Выявлены закономерности между полярностью, термодинамической совместимостью полимеров, межфазными явлениями в смесях, их физической структурой эксплуатационными свойствами композиций.

Впервые изучены фазовые диаграммы полимерных систем. ПЭВД-БК, ПВХ-ПУТЭП, ПУТЭП-БК, ПВХ-ХКПЭ, ХКПЭ-ПУТЭП, СКЭП-БК, СКЭП-ПУ, ПУТЭП- ПЭ, ПЭ-ПВХ, ПЭ-СКЭП. Показано, что эти системы существенно отличаются по величине от ВКТС и НКТС и весьма затруднено полное термодинамическое совмещение полимеров.

Показано влияние различных полифункциональных групп - хлорной, гидроксильной; циановой, карбоксильной и сложноэфирной: на механизм совместимости; полимеров и на возможность придания смесям

повышенных адгезионных, прочностных, термостойких и коррозионностойких свойств.

### 1. Эксперимент

Исследование термодинамической совместимости бинарных смесей хлорсодержащих полимеров, один из компонентов которых в своем составе имел полярные карбоксильные группы, показало, что эти системы только частично термодинамически совместимы, несмотря на - наличие обеих, критических температур совместимости.

Изучение процессов термоокислительной стабильности хлорсодержащих полимеров показало, что она зависит прежде всего от концентрации хлорсодержащих групп. Процесс термодеструкции идет с разрывом С-С-связей в уже гидрохлорированном полимере. Установленные факты позволили разработать оптимальные составы и технологические процессы переработки таких полимеров и их смесей, получение изделий и высокой термостабильностью.

Установлено, что неполярные полимеры, в частности полиолефины, совмещаются значительно хуже полярных. Были разработаны методы повышения полярности полиолефинов, путем их модификации.

При изучении процессов растворимости полимеров было выявлено, что температурные зависимости параметров растворимости, полученные по времени удержания сорбатов и методом ТДТ, отличаются друг от друга. Разница между ними увеличивается с ростом полярности полимера, что объясняется диаметрально противоположным состоянием исследованных систем «полимер-растворитель».

Определена - термодинамическая совместимость и структурные особенности систем ПВХ-ПУТЭП, ПВХ-ХКПЭ, ХКПЭ-ПУ, ПП-БК.

Изучены процессы получения сшитого полиэтилена и установлено. влияние на его структурирование стирола и акрилонитрила в присутствии органической перекиси. Показано влияние на эксплуатационные свойства композиционных материалов наполнителей. В частности, установлена возможность снижения износа материала почти в 3 раза, повышение его термостабильный, на воздухе и в вакууме. Показана широкая возможность вариации свойств композиций -путем химической физической модификации отдельных компонентов материала, регулирования его состава и метода переработки.

В работах Серенко, Гончарук и др. были исследованы композиты на основе ПП. Было установлено, что с повышением температуры в наполненном ПП изменяется вид дефектов, образующихся вблизи крупных частиц наполнителя: от трещины к ромбовидной поре и





## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

$$X_{AB} = (\delta_A - \delta_B)$$

В этом случае

$$X_{\text{БК-ПЭВД}} = \frac{(9,12-8,0)^2}{6} = 0,209$$

Для расчета критического значения  $X_{\text{БК-ПЭВД}}$  используется следующее уравнение

$$X_{\text{кр}} = 1/2 [ 1/X_A^{1/2} + 1/X_B^{1/2} ]$$

Которое включает степень полимеризации каждого полимера, выраженную через сравнительный объем. Степень полимеризации можно рассчитать на основании действительности степени полимеризации  $X$ , если известен молярный объем повторяющегося звена полимера, по уравнению

$$X_A = (\bar{V}/V_p)_x$$

Достаточно хорошее приближение получается из соотношения

$$X_A = M_A/100$$

Где  $M_A$  – молекулярный вес полимера.

Таким образом имеем:

$$X_{\text{БК}} = \frac{350000}{100} = 3500$$

$$X_{\text{ПЭВД}} = \frac{300000}{100} = 3000$$

Отсюда по уравнению для расчета критического значения:

$$(X_{\text{БК-ПЭВД}})_{\text{кр}} = 1/2 \times 1/3500^{1/2} + 1/3000^{1/2} = 6,18 \times 10^{-4}$$

Определим вероятность происхождения фазового разделения, для чего вычислим  $X_{\text{БК-ПЭВД}}$  для различных фазовых составов. Результаты сведены в таблицу 1.

**Таблица 1. Параметры растворимости системы БК-ПЭВД**

$\Phi_{\text{БК}}$	$(X_{\text{БК-ПЭВД}})_{\text{сп}}$	$\Phi_{\text{БК}}$	$(X_{\text{БК-ПЭВД}})_{\text{сп}}$
0,00	-	0,55	6,3 x10
0,05	3,03 x10	0,60	6,55 x 10
0,10	1,61 x10	0,65	6,96 x10
0,15	1,15x10	0,70	7,60x10
0,20	9,23 x10	0,75	8,57x10
0,25	7,94x10	0,80	1,01x10
0,30	7,14x10	0,85	1,28x10
0,35	6,65 x10	0,90	1,83x10
0,40	6,35x10	0,95	3,48x10
0,45	6,20x10	1,00	-
0,50	6,19 x10		

Как видно, с уменьшением концентрации какого-либо компонента в смеси, спиновальный параметр растворимости возрастает, причем ПЭВД растворяется в БК значительно лучше, чем БК в ПЭВД. Вариационным методом были определены концентрации, при которых возможно абсолютное совмещение. Это 0,08% мас. для ПЭВД и 0,06% для БК.

Таким образом, расчетный метод показывает, что система БК – ПЭВД практически несовместима.

Для нахождения критической точки системы на фазовой диаграмме необходимо вычислить  $G_{\text{см}}$  для различного состава системы. Расчет был выполнен для  $T = 298^{\circ} \text{K}$ , результаты которого представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Теплота смешения БК-ПЭВД**

$\Phi_{\text{БК}}$	$G_{\text{см}}$	$\Phi_{\text{БК}}$	$G_{\text{см}}$
0,00	-	0,55	3,42 x10
0,05	6,58 x10	0,60	3,33 x 10
0,10	1,25 x10	0,65	3,16 x10
0,15	1,77x10	0,70	2,91x10
0,20	2,22 x10	0,75	2,60x10
0,25	2,60x10	0,80	2,22x10
0,30	2,91x10	0,85	1,77x10
0,35	3,16 x10	0,90	1,25x10
0,40	3,33x10	0,95	6,58x10

## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

0,45	3,42x10	1,00	-
0,50	3,46 x10		

Из расчетных данных видно, что для системы БК-ПЭВД наблюдается так называемый симметричный случай с нижней критической температурой растворения (НКТС). Исходя из принципа адитивности, имеем  $T_{кр} 503^0 \text{ K}$ .

Таким образом, из приведенного расчета можно сделать выводы:

1. Система БК-ПЭВД является практически несовместимой;

2. Совмещение возможно при концентрации БК в ПЭВД до 0,06% и концентрации ПЭВД до 0,08%.

Для сопоставления совместимости полимерных смесей в зависимости от полярности компонентов был проведен расчет параметров совместимости для системы полярных компонентов ПВХ и ПУТЭП (сравнение с неполярной системой ПЭВД-БК).

### 1.2. РАСЧЕТ СОВМЕСТИМОСТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОЛИВИНИЛХЛОРИД-ПОЛИУРЕТАН ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТИФИЦИРОВАННЫЙ (ПВХ-ПУТЭП) ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 25<sup>0</sup>С

Рассчитываем параметры растворимости каждого компонента смеси с использованием табличных значений молярных констант притяжения различных химических групп Смола, учитывая плотность ПВХ при 25<sup>0</sup>С

( $\rho_{25}=1,41 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ). В расчете мы будем учитывать распределение концевых групп в следствии незначительности их количества и без учета молекулярно-вещного распределения.

Единичное звено ПВХ -  $[-\text{CH}_2-\text{CHCl}-]_n$

Молярные константы притяжения

$-\text{CH}_2- \quad -\text{CH} = \text{Cl} -$

$$\sum F = 133 + 28 + 270 = 431$$

$$M = 12,2 + 1,3 + 35,5 = 62,5$$

Тогда параметр растворимости ПВХ будет:

$$\delta_{\text{ПВХ}} = 1,41 \times 431 / 62,5 = 9,72$$

Параметр растворимости ПУТЭП с учетом того, что плотность ПУТЕП при 25<sup>0</sup>С ( $\rho_{25}=1,1 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ).

Единичное звено ПУТЭП

$[-(\text{CH}_2)_6-\text{OSOHN}-(\text{CH}_2)_4-]_n$

$-(\text{CH}_2)_6- \quad -\text{COO}- \quad -\text{NH}- \quad -(\text{CH}_2)_4$

$$\sum F = 133,6 + 310 + 180 + 133,4 = 757$$

$$M = 12,11 + 1,21 + 16,2 + 14 = 199$$

$$\delta_{\text{ПУТЭП}} = 1,10 + 1820 + 199 = 10,06$$

Расчет параметра взаимодействия между полимерами в системе выполняется по уравнению:

$$X_{AB} = V_n / RT (\delta_A - \delta_B)^2$$

Где R – газовая постоянная, равная 1,987 ккал моль<sup>-1</sup> град<sup>-1</sup>; T – температура в К;  $V_n$  – сравнительный объем (см<sup>3</sup>/моль), обычно принимаемый равным 100 см<sup>3</sup>/моль. Таким образом, для T=25<sup>0</sup>С уравнение принимает вид:

$$X_{AB} = (\delta_A - \delta_B)^2 / G$$

В этом случае для системы ПВХ-ПУТЭП имеем:

$$\delta_{\text{ПВХ-ПУТЭП}} = (10,06 - 9,72)^2 / 6 = 0,019$$

Для расчета критического значения ( $X_{\text{ПВХ-ПУТЭП}})_{кр}$  используется уравнение

$$X_{кр} = 1/2 [ 1/X_A^{1/2} + 1/X_B^{1/2} ]^2$$

которое включает степень полимеризации каждого полимера, выраженную через сравнительный объем  $V_n$ . Степень полимеризации можно рассчитать на основании действительной степени полимеризации X, если известен молярный объем повторяющегося звена полимера по уравнению:

$$X_A = (V / V_p)_x$$

Достаточно хорошее приближение получается из соотношения

$$X_A = M_A / 100$$

Где  $M_A$  – молекулярный вес полимера.

Таким образом имеем:

$$X_{\text{ПВХ}} = \frac{90000}{100} = 900$$

$$X_{\text{ПУТЭП}} = \frac{18000}{100} = 180$$

Отсюда по уравнению для расчета критического значения:

$$(X_{\text{ПВХ-ПУТЭП}})_{кр} = 1/2 \times 1/X_A (\Phi_A / G_{II}) + 1/X_B (\Phi_B)_{ср}$$

Полученные результаты показано в таблице 3.

**Impact Factor:**

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

**Таблица 3. Значения синодального параметра взаимодействия для различных фазовых составов**

№№ п/п	ПВХ	$(X_{\text{ПВХ-путэп}})_{\text{сп}}$
1.	0,00	-
2.	0,05	$2,78 \times 10^{-3}$
3.	0,10	$1,40 \times 10^{-2}$
4.	0,15	$8,64 \times 10^{-3}$
5.	0,20	$6,97 \times 10^{-3}$
6.	0,25	$6,25 \times 10^{-3}$
7.	0,30	$5,93 \times 10^{-3}$
8.	0,35	$5,82 \times 10^{-3}$
9.	0,40	$5,86 \times 10^{-3}$
10.	0,45	$6,02 \times 10^{-3}$
11.	0,50	$6,29 \times 10^{-3}$
12.	0,55	$6,67 \times 10^{-2}$
13.	0,60	$7,18 \times 10^{-3}$
14.	0,65	$7,87 \times 10^{-3}$
15.	0,70	$8,79 \times 10^{-3}$
16.	0,75	$1,01 \times 10^{-2}$
17.	0,80	$1,19 \times 10^{-2}$
18.	0,85	$1,46 \times 10^{-2}$
19.	0,90	$1,92 \times 10^{-2}$
20.	0,95	$2,84 \times 10^{-2}$
21.	1,00	-

**Таблица 4. Значения синодального параметра взаимодействия для различных фазовых составов**

№№ п/п	ПВХ	$(X_{\text{ПВХ-путэп}})_{\text{сп}}$
1.	0,00	-
2.	0,05	$2,78 \times 10^{-3}$
3.	0,10	$1,40 \times 10^{-2}$
4.	0,15	$8,64 \times 10^{-3}$
5.	0,20	$6,97 \times 10^{-3}$
6.	0,25	$6,25 \times 10^{-3}$
7.	0,30	$5,93 \times 10^{-3}$
8.	0,35	$5,82 \times 10^{-3}$
9.	0,40	$5,86 \times 10^{-3}$
10.	0,45	$6,02 \times 10^{-3}$
11.	0,50	$6,29 \times 10^{-3}$
12.	0,55	$6,67 \times 10^{-2}$
13.	0,60	$7,18 \times 10^{-3}$
14.	0,65	$7,87 \times 10^{-3}$
15.	0,70	$8,79 \times 10^{-3}$
16.	0,75	$1,01 \times 10^{-2}$
17.	0,80	$1,19 \times 10^{-2}$
18.	0,85	$1,46 \times 10^{-2}$
19.	0,90	$1,92 \times 10^{-2}$
20.	0,95	$2,84 \times 10^{-2}$
21.	1,00	-

Так как 0,019 значительно больше 0,006, т.е.  $X_{\text{ПВХ-путэп}} > (X_{\text{ПВХ-путэп}})_{\text{кр}}$ , то эта система должна быть несовместимой в широкой области составов.

Используя уравнение:

$(X_{\text{AB}})_{\text{сп}} = 1/2 [ 1/X_{\text{A}}(\text{ФА})_{\text{сп}} + 1/X_{\text{B}}(\text{ФВ})_{\text{сп}} ]$   
определим вероятность происхождения фазового разделения, для чего вычислим  $(X_{\text{ПВХ-путэп}})_{\text{сп}}$  для



## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 0.126  
ESJI (KZ) = 8.716  
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

разных фазовых составов. Результаты исследования сведены в таблицу 4. и рис. 1.

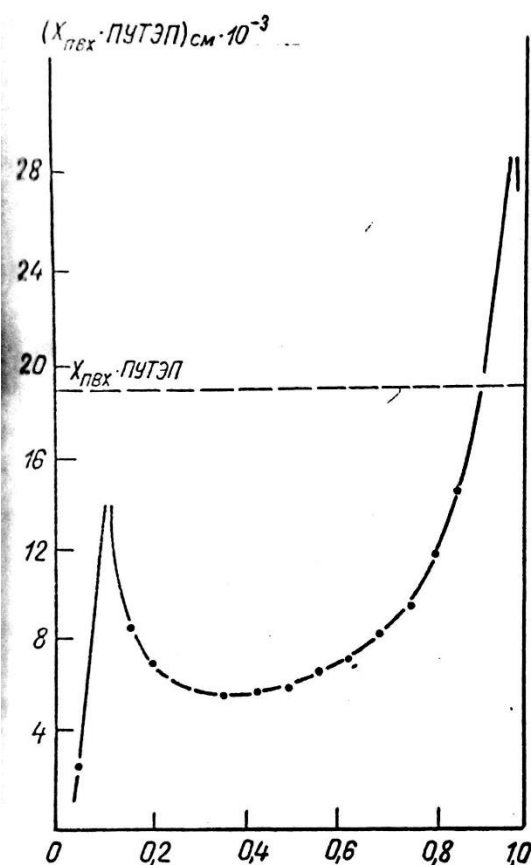


Рис. 1 Теоретическая фазовая диаграмма системы ПВХ-ПУТЭП

Как видно, ПУТЭП растворяется в ПВХ значительно лучше, чем ПВХ и при содержании менее 10% ПУТЭП должна наблюдаться полная совместимость систем. Из расчета следует, что наблюдается так называемый несимметричный случай с двумя критическими температурами растворения – нижний и верхний.

Параметры растворимости веществ характеризуют связь между энергией смешения и взаимной растворимостью. Знание параметра растворимости полимера необходимо для получения ценной информации о поведении полимера при смешении с другими полимерами или низкомолекулярными веществами.

Исследовали промышленные образцы полимеров, которые подвергали дополнительной очистке путём перебсаждения из 2 мас. % раствора в соответствующем растворителе в осадитель - этанол, при отношении растворитель-осадитель 1:10.

В качестве сорбентов растворителей и осадителей использовали; органические жидкости различного химического строения.

Исследования по методу ОГХ выполняли на газовом хроматографе "Цвет-100" с детектором ионизации в пламени. В качестве газоносителя использовали азот. Твердым носителем служил силанизированный носитель «Chromaton N-AW-D<sub>me</sub>S» с диаметром частиц 0,20-0,25 км.

Насадку готовили методом испарения. Растворителями служили в случае СКЭПа-четырёххлористый углерод, в случае хлоркарбокислированного ПЭНП (ХПЭ), хлорированного ПЭНП (ХКЭ) ПВХ и ПУ - тетрагидрофуран. Процентное содержание неподвижной фазы в насадке определяли путем последовательного взвешивания после экстракции полимера в течении 1 недели в экстракторе Сокслета, Использовали колонки из нержавеющей стали длиной 1,0 м, которые заполняли насадками с содержанием полимеров 10+11 мас.%.

Опыты проводили при 353, 373, 393 К, что выше температуры стеклования всех полимеров. Объем пробы составлял 0,02-0,5 мкл. Значения

## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 0.126  
ESJI (KZ) = 8.716  
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

времени, удержания "без взаимодействия" определяли по газообразному метану.

Равновесные значения удерживаемых объемов получали экстраполяцией на нулевую скорость потока газа-носителя.

Для определения параметров растворимости полимеров по методу ТДТ готовились растворы с концентрацией 0,05 г/дл. 3-15 мл полимерного раствора при перемешивании медленно добавлялся осадитель. Изменение оптической плотности раствора фиксировалось на фотоэлектрокалориметре ФЭК-М, после чего экстраполяцией на нулевую оптическую плотность определялась концентрация осадителя, соответствующая началу высвобождения полимера (точка мутности). Для титрования полимерных растворов при 296 К использовались два различных осадителя - один с более высоким параметром растворимости, другой - с меньшим параметром растворимости,

Как и следовало ожидать, для ХПЭ и ХКПЭ хорошими растворителями оказались полярные и неполярные хлорпроизводные углеводов.

Для ПУ хорошими растворителями оказались полярные хлорпроизводные углеводов и кетоны, а для СКЭПа - неполярные соединения. Интересно отметить, что для всех исследованных полимеров хорошими растворителями при температурах 353-393 К оказались тетрагидрофуран и хлороформ.

На рисунке 2 в графическом виде показано изменение интенсивности характерных полос при изменении состава смесей.

Как видно, спектры содержат полосы 1762 и 1693  $\text{см}^{-1}$  относящихся к  $\nu_{\text{C=O}}$  свободных и димерных групп  $\text{COOH}$ . Следует отметить, что ПВХ марки С-70 содержит достаточно значительное количество окисленной до кетона

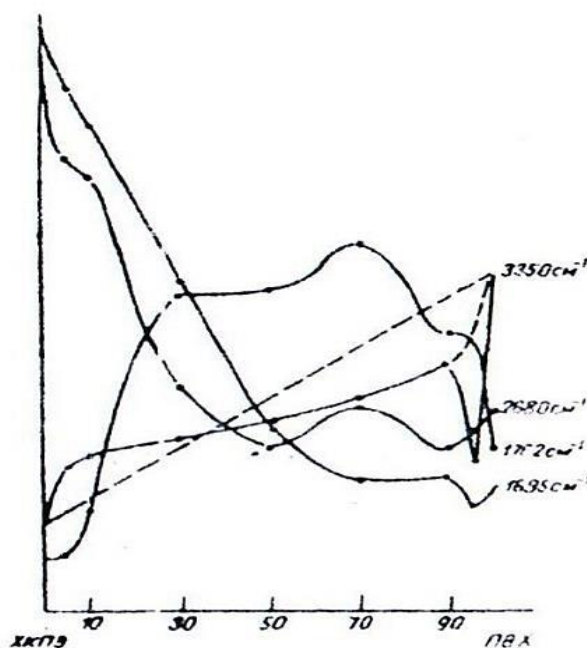


Рис.2. Изменение пропускания в областях характерных частот системы ХКПЭ-ПВХ

Полуколичественный анализ, основанный на использовании  $\nu_{\text{C=O}}$  мономера ХКПЭ в качестве эталона, даёт содержание окисленных форм около 0,36 % мас. По изменению интенсивности число не взаимодействующих друг с другом, звеньев кислоты, видно, что при переходе от чистого полимера ХКПЭ к смеси свободных групп  $\text{COOH}$  монотонно увеличивается до содержания ПВХ смеси 70 % мас.

### Выводы

Расчетным методом показано, что полимеры БК и ПЭВД практически несовместимы.

Вариационным методом была определена концентрация, при которой возможно абсолютное совмещение (0,08; масс).

2. Показано, что ПУТЭП растворяется в ПВХ значительно лучше, чем ПВХ. При содержании менее 10% масс. ПУТЭП наблюдается полная совместимость полимеров.

3. Анализ обобщенных функций желательности показал, что увеличение содержания ПВХ от 5-10% масс. Приводит к возрастанию  $D$  от 0,067 до 0,078.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
PIHII (Russia) = 0.126  
ESJI (KZ) = 8.716  
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

4. Система ПВХ-ПУТЭП является несовместимой в широком диапазоне составов.

### References:

1. Zaikin, A.E., & Bobrov, G.B. (2012). *Visokomolekulyarnye soyedineniya*, Seriya A, 54, 1275.
2. Zaikin, A.E., & Bobrov, G.B. (2012). Kompatibilitacija smesej nesovmestimyh polimerov napolnieniem. *Vysokomolekuljarnye soedinenija*, №8, pp.1275-1282
3. Kuleznev, V.N., & Surikov, P.V. (2012). Fazovye ravnovesija v trjohkomponentnyh smesjah polimerov. *Vysokomolekuljarnye soedinenija*, №11, pp.1602-1609.
4. Belov, N.A., Safronov, A.P., & Jampol'skij, Ju.P. (2012). Obrashhennaja gazovaja hromatografija i termodinamika sorbcii v polimerah. *Vysokomolekuljarnye soedinenija*, №11, pp.1631-1647.
5. Bundjali, B., Yudistira, I., Jariah, B., & Sukria, L. (2007). Study on properties of Polymer Blends from Polypropylene with Polycaprolactone and their Biodegradability. *Polymer Journal*, Vol.39, №12, pp.1337-1344
6. Ermilova, E.A., Sizova, A.A., Il'icheva, N.N., & Pleshakov, D.V. (2014). Issledovanie termodinamicheskoj sovmestivosti trehkomponentnoj smesi nitraminov s sopolimerom metilmetakrilata i metakrilovaj kisloty. *Uspehi v himii i himicheskij tehnologii*, №2, pp.65-67.
7. Rjzhikova, I.G., et all. (2013). Modification feature of binary mixtures PP / SKEP by the system of organic peroxide-polyfunctional vinyl monomer in the reaction extrusion process. *Plastic masses*, 8, pp. 40–45.
8. Murtazina, L.I., et all. (2014). Influence of plastificators on the property of unhardened hermetics on the basis of ethylene-propylendiene rubber. *Engineer-chemist's encyclopedia*, № 8, pp. 31–35.
9. Kirsh, I.A., & Pomogova, D.A. (2012). Study of the properties of secondary polymer materials based on polypropylene and polyethyleneterephtalat, obtained in the influence of ultrasonic vibrations on the polymer melts. Moscow, *Plastic masses*, No. 1, pp. 48–51.
10. Turaev, Je.R., Beknazarov, H.S., Ahmedov, U.K., & Dzhalilov, A.T. (2018). Mezhfaznye vzaimodejstvija trehfaznyh polipropilenovyh kompozicionnyh materialov. *Universum. Tehnicheskie nauki*, №12, p.57.
11. Shastin, D.A., Vol'fson, S.I., & Makarov, T.V. (2010). Vlijanie modifikacii trojnogo jetilenpropilenovogo kauchuka na fiziko-mehaničeskie svojstva rezin. *Vestnik kazanskogo tehnologičeskogo universiteta*, №4, pp.5-7
12. Ryzhikova, I.G., Volkov, A.M., Bauman, N.A., Kazakov, Ju.M., & Vol'fson, S.I. (2015). Vlijanie koncentracii komponentov modifizirujushhej sistema peroksid/TMPTA i vjazkosti po Muni kauchuka SKJePT na balans tekuchesti i udaropročnosti master-batchej SKJePT v matrice polipropilena. *Vestnik tehnologičeskogo universiteta*, №4, pp.148-150.
13. Ryzhikova, I.G., Volkov, A.M., Bauman, N.A., Kazakov, Ju.M., & Vol'fson, C.B. (2015). Issledovanie fiziko-mehaničeskijh svojstv smesej pp/skjept, modifizirovannyh peroksidom i sistemoj peroksid/tmpta. *Vestnik tehnologičeskogo universiteta*, №4, pp.134-137.
14. Ključnikov, I. O., Ključnikov, O. R., & Stojanov, O. V. (2015). *Vestnik kazanskogo tehnologičeskogo universiteta*, №4, pp.224 – 225.
15. Bazhenov, S.L., Berlin, A.A., Kul'kov, A., Kang-Suk, L., & Young-Wook, C. (2015). Peroxide vulcanized EPDM rubber/polyhedral oligomeric silsesquioxane nanocomposites: Vulcanization behavior, mechanical properties, and thermal stability. *Polymer Engineering and Science*, Vol. 55, pp.59-68.
16. El-Wakil, A.A. (2011). Enhancement of Adhesion between EPDM and Polyester Fabric by Using Natural Rubber Modified by Maleic Anhydride. *International Journal of Polymer Science*, Vol.3, pp.1-4.
17. Barra, G.M.O., Crespo, J. S., Bertolino, J. R., Soldi, V., & Nunes Pires, A. T. (2000). Maleic Anhydride Grafting on EPDM: Qualitative and Quantitative Determination. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, Vol.10, pp.56-63.
18. Roucoules, V., Siffer, F., Ponche, A., Egurrola, U., & Vallat, M. (2007). Strengthening the Junction Between EPDM and Aluminium Substrate via Plasma Polymerisation. *The Journal of Adhesion*, Vol.83, pp.98-106.
19. Borazan, A.A. (2017). Preparation and characterization of ethylene propylene diene

## Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
PIHHI (Russia) = 0.126  
ESJI (KZ) = 8.716  
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

- monomer (epdm) rubber mixture for a heat resistant conveyor belt cover. *Anadolu University of Science and Technology*, Vol.2, pp.507-520.
20. Shikhaliev, K.S. (2017). Modification of petroleum bitumen by polymer waste (monograph) *Exact science Kemerovo technical scientific journal*, 46.
  21. Shixaliyev, K. S. (2017). Exelolted thermoplastics based compositions. *European science review. Scientific journal.*, Vienna, No. 5-6, pp.89-94. E-mail: info@ew-a.org
  22. Shikhaliev, K. (2017). Compositions and products based on polyvinyl chloride. Coll. Articles of the X International Scientific and Practical Competition. Penza. 25.07.2017. (pp.19-25).
  23. Shikhaliev, K.S., Amirov, F. (2017). *Studies of the process of obtaining coated for various purposes based on petroleum bitumen* (monograph). Innovative develop science education. Under the general ed. Yu. Gulyaeva., Penza ICSN, science and education., p.318. E-mail: mon@naukaip.ru
  24. Amirov, F. A., & Shixaliyev, K.S. (2017). Obtaning and application of rubber mixtures based on isopeene (SRI-3) and functional grup polimers. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences Vienna*, No 3-4, pp.27-31. E-mail.info@ew-a.org
  25. Shixaliyev, K. S. (2017). Study on compatibility of, chemicals and other characteristics of their mixtures. *European Journal of Technical and Natural Sciences*. Vienna, No 3.4-2017, pp.41-46. E-mail.info@ew-a.org
  26. Shikhaliev, K. (2017). Physical and chemical properties of plasticized PVC and products based on them. *Innovations in science: scientific journal*, Novosibirsk., Ed. ANS "SIK", No. 12 (73), pp.54-58.
  27. Shixaliyev, K.S., & Salimova, N. (2017). Termodinamics and mutual distribution of macromoleculos in the systems-shorine-shlorocontaining polimeris. *European Scince review: Scientific journal*.-Vienna, No 3-4, pp.118-120. E-mail: info@ew-a.org
  28. Shikhaliev, K. (2017). Development of a composition and products based on butyl rubber. SB Experimental and theoretical research in modern science. Sat Art. according to the material. 1 international scientific and practical conf. Novovbirsik, *SIBAK*, №1, pp.90-94.
  29. Amirov, F.A. (2018). *Theory and practice of obtaining composite materials based on polymer mixtures* (monograph Premier Publishing. S.R.O Vienna, Austria. E-mail: pub @ publishing.orgconference @ sibscience.ru
  30. Shikhaliev, K. (2018). *Polymer Technology* (Textbook) 1Vol. (p.252). LAMBERT Academic Publishing, Meldrum street, Beau Bassin Riga, Latvia. www.ingimage.cominfo@omnisc riptum.com
  31. Shikhaliev, K. (2018). *Polymer Technology* (Textbook) 2Vol. (p.303). LAMBERT Academic Publishing, Meldrum street, Beau BassinRiga, Latvia. www.ingimage.com
  32. Hasanov, A. (2018). *Investigation of the process of obtaining coated various purposes based on petroleum bitumen*. Scientific Innovation Center International Institute for Strategic Research. (p.64). Moscow. [Https://nikmisi.ru](https://nikmisi.ru)
  33. Shikhaliev, K. (2018). *Scientific basis of the study obtaining modified fillers, stabilizers, radiation exposure of polyethylene and copolymers* (collective monograph. Interactive plus Because - "Interactive Science" Cheboksary (collective monograph). 296. sinfo@interactive-plus.ru
  34. Shikhaliev, K. (2018). Technology of manufacturing a nuclear magnetic resonance probe NMR. *International scientific journal United –Journal Tallinn*, N11, pp.36-38.E-mail: issue@united-journal.info
  35. Shikhaliev, K. (2018). Modification of bitumen with plastic and rubber waste. *World science Warsaw Poland*, №1 (29) 2, pp.28-30. Zsgl0lal.poland @ gmail.com
  36. (2018). Rheological study of crosslinked plasticized polyvinyl chloride. *Eurasian Union of Scientists*. M. Moscow, No: 1.-2 part, pp.75-77. E-mail: info@euroasia-science.ru
  37. Shixaliyev, K. S. (n.d.). Plasticiration of the Butadiene-nitrile Rubber with the Dicaprieathe etner of diphenylpropane European, Science reiew. *Premir publishing scientific journal*. Vienna, Austria.ISSN 2310-5577. .2№.R.27. E-mail: pub@publishing.org
  38. Shixaliyev, K. S. (2018). The study of the properties of limestone graius surfaces and defermiation of optimal proportions between breacstone and limestone. *British Journal of Internation in science and Tekhnology Science and Beyoud publishing UK*. ISSN 2398-9289, Volume3, ISSUEL 1, pp.31-36. Email. @ Sbpub
  39. Shikhaliev, K. (2018). Studying the crosslinking mechanism and structure of crosslinked polyethylene. *Eurasian Union learned (ESU) .U. Moscow Monthly scientific journal*, No4 (49), 3 part, pp.73-77. E-mail: info@euroasia-science.ru
  40. Serenko, O.A., et al. (2007). Effect of temperature on the deformation behavior of a composite based on polypropylene and rubber particles. *High Molecular Compounds*, No. 1, pp.71-78.