

АДГЕЗИЯ ПОЛИМЕРОВ

V. АДГЕЗИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ К РАЗЛИЧНЫМ
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫМ СУБСТРАТАМ*C. C. Волоцкий, B. L. Вакула*

В предыдущем сообщении [1] были высказаны самые общие соображения о влиянии на адгезию полимеров к целлофану таких факторов, как величина, форма и полярность макромолекул. Настоящая работа охватывает исследование адгезии значительно большего числа синтетических каучуков разной природы к пяти субстратам. Работа была поставлена с целью дальнейшего уточнения влияния указанных выше факторов на адгезию и выяснения связи, существующей между адгезионными свойствами каучуков, с одной стороны, и строением различных субстратов — с другой. Кроме того, поскольку в одной из работ [2] было показано, что сильнейшее влияние на адгезию оказывает термическая обработка склейки, представляло значительный интерес исследовать прочность адгезионной связи между полимерами и субстратами в зависимости от температуры контакта. Можно было предположить, что изучение температурной зависимости поможет дальнейшему теоретическому истолкованию адгезии.

В качестве адгезивов были взяты изопреновый каучук газофазной полимеризации (СКИ), бутадиеновые каучуки СКБ-50 и СКБМ-50, полизобутилен с молекулярным весом 118 000, бутадиенстирольные каучуки СКС-10, СКС-30, СКС-30А, СКС-40 с содержанием 10, 30 и 40 % стирола в макромолекуле, бутадиенметилстирольные каучуки СКМС-10, СКМС-30 и СКМС-50 с 10; 30 и 50 % метилстирола в молекуле, бутадиенакрилонитрильный каучук СКН-40 с 40 % нитрила в молекуле, полихлорпропен и карбоксилатный бутадиенстирольный каучук, содержащий в молекуле 30 % стирола и 1 % метакриловой кислоты. В число адгезивов для сравнения был включен также натуральный каучук (смокед-шитс). В виде субстратов были использованы пленки отмытого от глицерина целлофана, полиамида (перфоль ПК-4), полиэтилена и пленки двух эластомеров: бутадиенакрилонитрильного каучука СКН-40 и полизобутилена молекулярного веса 118 000.

Адгезию каучуков к субстратам характеризовали сопротивлением рассталиванию P склеек, выраженным в $\Gamma/\text{см}$. Склейки получали дублированием пленки субстрата (целлофана, полиамида, полиэтилена) или покрытой субстратом ткани (СКН-40, полизобутилен) с тканевыми полосками, на которые был предварительно нанесен из раствора испытываемый полимер. Полимеры наносили на ткань в количестве, не меньшем $0,025 \text{ г}/\text{см}^2$, что, как было показано ранее [2], достаточно для получения воспроизводимых результатов. Дублирование производили вручную, прокатыванием резиновым роликом сложенных половинок склейки, что обеспечивало давления при контакте большие, чем те, которые нужны для достижения полного соприкосновения поверхностей адгезива и субстрата [3]. Такой метод получения склеек имеет определенные преимущества перед способом,

Таблица 1

Сопротивление расслаиванию склеек, полученных с применением изопреновых и бутадиеновых каучуков и полизобутилена

Субстраты температура нагрева, °С	Адгезивы	Целлофан			Полиамид			Полиэтилен			СКН-40			Полизобутилен		
		20	100	P, T/cm	20	100	P, T/cm	20	100	P, T/cm	20	100	P, T/cm	20	100	
Натураль- ный каучук	A	48	A	26	A	30	A	12	A	20	A	15	A	34	A	387
	C	736	K	556	K	1547	K	45	A	95	K	81	C	98	C	760
	K	908	K	1160	K	1260	K	1146	C	A 1149,	K	1208	K	995	K	1189
СКИ																1220
СКБ-50																1177
СКБМ-50	A	182	K	624	K	731	K	690	K	533	K	574	K	694	A	150
П-118	A	106	A	138	A	153	A	156	A	97	A	137	A	56	K	789

применявшимся ранее [1,2], так как позволяет установить более точно начало диффузии молекул адгезива в субстрат.

Часть склеек после дублирования прогревали 30 мин. в термостате под грузом при 100°. Склейки через 30 мин. после дублирования (а прогретые склейки после часового охлаждения на воздухе) расслаивали при комнатной температуре на динамометре ЦНИКЗ, детально описанном в работах [2, 3]. Скорость расслаивания во всех случаях составляла 0,3 см/сек. Полученные результаты приведены в таблицах 1, 2, 3. Данные таблиц можно разделить на три группы в зависимости от различного характера разрушения склейки — адгезионного, когезионного и смешанного. В таблицах характер расслаивания обозначен соответственно буквами А, К и С. В случае смешанного расслаивания, имеющего ясно различающиеся участки адгезионного и когезионного расслаивания, в таблицах даны два соответствующих значения сопротивления расслаиванию. Все приведенные в таблицах значения сопротивления расслаиванию являются средними величинами из 6—10 параллельных определений.

1. Адгезия к различным субстратам изопреновых и бутадиеновых каучуков и полизобутилена

В табл. 1 приведены данные, характеризующие сопротивление отслаиванию изопреновых и бутадиеновых каучуков, а также полизобутилена от различных субстратов. При ознакомлении с таблицей прежде всего поражает исключительно малая адгезия натурального каучука ко всем субстратам за-

исключением полизобутилена. Это тем более удивительно, что натуральный каучук обладает прекрасной аутогезией. Низкие адгезионные свойства натурального каучука отмечались в литературе неоднократно [1, 4, 5], но до сих пор не получили объяснения.

Можно было бы предположить, что низкая адгезия натурального каучука объясняется способностью его к кристаллизации, затрудняющей диффузию макромолекул. Однако в таком случае непонятно, почему адгезия существенным образом не повышается после прогрева склейки при 100°, разрушающего кристаллическую структуру каучука.

Нам представляется возможным использовать для объяснения этого случая адгезии пачечную гипотезу строения полимеров [6]. Можно предположить, что у натурального каучука вследствие регулярного строения его молекул, степень упорядоченности отдельных пачек, а отсюда и всего полимера очень высока. В случае аутогезии наличие гибких пачек не препятствует их самодиффузии. Существование пачек не препятствует диффузии молекул натурального каучука и в полизобутилене, молекулы или пачки молекул которого совершают достаточно оживленное тепловое движение уже при комнатной температуре. Однако, когда в качестве субстрата используется кристаллический или стеклообразный полимер, у которого размер пустот между макромолекулами очень невелик по сравнению с размером пачек макромолекул адгезива, диффузия адгезива в субстрат будет весьма затруднена. При этом следует учесть, что авторы гипотезы пачечного строения полимеров допускают существование пачек молекулярных цепей не только в стеклообразном или высокоэластическом состоянии, но и в вязкотекучем, при температурах, значительно превышающих точку плавления кристаллов [7]. Отсюда становится понятным, почему нагревание существенным образом не изменяет молекулярную картину диффузии в случае натурального каучука и мало повышает его адгезию к субстратам, находящимся в кристаллическом и застеклованном состоянии. Плохая адгезия натурального каучука к каучуку СКН-40 объясняется, вероятно, также несовместимостью обоих полимеров вследствие различной их полярности.

Синтетический изопреновый каучук обладает значительно большей адгезией ко всем субстратам, чем натуральный. Повышенная адгезия СКИ, очевидно, объясняется меньшим молекулярным весом синтетических полизопренов (среднечисленный молекулярный вес СКИ составляет 20 000—150 000 по сравнению с 200 000—400 000 для натурального каучука), большей разветвленностью и нерегулярностью строения молекул и меньшей способностью к кристаллизации [8, 9]. С понижением молекулярного веса и увеличением разветвленности увеличивается число свободных концов, которые по стерическим причинам должны легче дифундировать в субстрат и этим способствовать адгезии [1]. Более низкие значения адгезии для склеек полизопренового каучука с полиэтиленом и СКН-40 можно объяснить кристаллическим строением и большой плотностью упаковки молекул субстрата в первом случае и несовместимостью по термодинамическим причинам — во втором.

Так как испытание склеек полибутадиеновых каучуков СКБ-50 и СКБМ-50 почти со всеми субстратами показало когезионное расслаивание, что указывает на превышение адгезии над когезией, то отсюда можно сделать вывод о высокой адгезии этих полимеров к большинству субстратов. Высокую адгезию полибутадиенов можно отнести за счет сравнительно невысокого молекулярного веса и того, что их молекулярные цепи имеют редкие и достаточно длинные разветвления. Как известно, среднечисленный молекулярный вес натрийбутадиеновых каучуков лежит в пределах 85 000—200 000 [10]. О наличии в молекулах натрийбутадиеновых каучуков разветвлений говорит сравнительно малый процент их непредельности, составляющий 87÷95,1 %, в то время как для натурального каучука он достигает 97,8÷99,5 %.

Более низкая адгезия каучука СКБМ-50 по сравнению с каучуком СКБ-50, проявляющаяся в склейках с целлофаном и полизобутиленом, объясняется, вероятно, малой разветвленностью его молекул и большим молекулярным весом.

Данные табл. 1 опровергают распространенное мнение о плохих адгезионных свойствах бутадиеновых каучуков. Сравнительно высокие адгезионные свойства этих полимеров к целлофану отмечались и ранее [1]. Очевидно, плохие склеивающие свойства бутадиеновых каучуков следует отнести за счет их низкой когезионной прочности.

Существенно, что для всех склеек, изготовленных с одним и тем же адгезивом и показывающих когезионное разрушение образца, сопротивление расслаиванию почти одинаково и мало зависит от природы субстрата. Это и понятно, так как на когезионную прочность адгезива природа субстрата не должна оказывать заметного влияния. Более низкие значения сопротивления расслаиванию для склейки натрийбутадиенового каучука СКБ-50 с целлофаном по сравнению с результатами для склеек этого же полимера с остальными субстратами, вероятно, следует объяснить особым характером разрушения склейки: при расслаивании этих склеек на целлофане оставалась тончайшая пленка адгезива.

Прогрев склеек, показывающих когезионное разрушение при расслаивании, также, само собою разумеется, не должен существенно сказываться на величине сопротивления расслаиванию. Небольшие колебания в величине сопротивления расслаиванию следует объяснить как возможными процессами деструкции или структурирования каучуков при их термической обработке, так и влиянием ошибки опыта (коэффициент вариации для склеек с когезионным типом разрушения составлял 7,8).

Причиной более низкой адгезии полизобутилена по сравнению с синтетическим полизопреном и полибутадиенами является меньшая способность к диффузии в результате наличия у его молекулярной цепи большого количества боковых метильных групп и, возможно, в результате пачечного строения полимера. Оба эти обстоятельства приводят к тому, что даже повышение температуры контакта до 100° не вызывает сколько-нибудь значительного возрастания диффузии полизобутилена в кристаллические или застеклованные субстраты. В случае, когда субстратом является каучук СКН-40, малая адгезия полизобутилена обусловлена другой причиной — несовместимостью обоих полимеров из-за их различной полярности. И только когда в контакт приводятся два образца полизобутилена (аутогезия), сопротивление расслаиванию велико и резко возрастает с температурой контакта.

2. Адгезия к различным субстратам бутадиенстирольных и бутадиенметилстирольных сополимеров

Результаты этой серии опытов сведены в табл. 2. Из рассмотрения таблицы видно, что введение в макромолекулу стирола резко снижает адгезию сополимеров к целлофану, полиамиду, полиэтилену. Уменьшение адгезии тем значительнее, чем большее количество стирола содержит сополимер. Попытка использовать в качестве адгезива полистирол вообще не дала положительных результатов из-за высокой температуры стеклования этого полимера.

Снижение адгезии в результате увеличения содержания в макромолекуле стирольных группировок, конечно, связано с наличием в молекулярной цепочке боковых фенильных групп, делающих ее менее гибкой и мало способной к диффузии.

Интересно сравнить между собою адгезию бутадиенстирольных каучуков СКС-30 и СКС-30А, содержащих в молекуле одно и то же количество стирольных группировок, но отличающихся строением макромоле-

Таблица 2

Сопротивление расслаиванию склеек, полученных с применением бутадиенстирольных и бутидиенметилстирольных сополимеров

Субстраты температура конккстата, °C	Целлофан		Полиамид			Полиэтилен			СКН-40			Полизобутилен								
	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100						
адгезивы	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm	P, T/cm						
CRB-50	R	908	R	1460	R	1260	R	1146	C	A 119	C	A 160	R	1208	R	995	R	1189	R	1177
CRG-40	C	A 87	C	A 248	C	120	C	A 290	A	50	C	151	C	137	C	A 354	A	211	C	475
CKC-30	C	A 83	C	A 134	C	A 128	C	A 107	A	85	C	A 84	A	78	C	A 174	A	111	A	97
CKG-30A	A	50	C	A 98	A	65	C	A 171	A	40	C	A 90	C	A 161	C	A 174	C	A 208	A	177
CRG-40	A	38	C	A 97	A	34	R	1842	A	33	C	A 77	C	A 166	R	2041	C	A 466	A	177
CRM-40	A	78	C	A 74	C	A 134	R	1145	A	50	A	82	A	76	C	A 170	A	125	A	150
CHMC-30	A	40	C	A 83	A	70	C	A 165	A	25	A	48	A	75	C	180	A	105	A	159
CHMC-50	A	47	A	94	A	50	A	137	A	13	A	70	A	99	A	165	A	127	A	85

кулы. Каучук СКС-30А, обладающий, как известно [11, 12], менее разветвленными молекулами, чем СКС-30, обнаруживает меньшую адгезию к целлофану, полиамиду и полиэтилену. Наоборот, в случае таких субстратов, как каучук СКН-40 и полизобутилен, каучук СКС-30А проявляет более высокие адгезионные свойства, чем СКС-30. Такое «обращение» адгезии можно объяснить фазовым состоянием субстрата, меняющим молекулярную картину диффузии. Если при контакте каучуков СКС-30 и СКС-30А с кристаллическими или застеклованными полимерами адгезия обусловливается проникновением в узкие поры субстрата главным образом только концов макромолекул, то в том случае, когда субстрат имеет менее плотную структуру, в него могут диффундировать и срединные участки молекулярной цепочки. Конечно, диффузия таких срединных участков будет облегчена в том случае, когда макромолекула не имеет разветвлений.

Естественно, что различие в адгезии каучуков с разной регулярностью строения макромолекул сглаживается после термообработки склейки, так как повышение температуры сближает величину участвующих в диффузии структурных единиц.

Конечно, для полного суждения о зависимости адгезии от регулярности макромолекул необходима постановка опытов со специально синтезированными и тщательно изученными полимерами, например, с изотактическими, синдиотактическими и атактическими полимерами.

Введение в макромолекулу каучука метилстирола вместо стирола снижает адгезию к целлофану, полиамиду и полиэтилену в еще большей степени, чем введение стирола. Это видно из сравнения результатов определения адгезии каучуков с одинаковым содержанием стирола и метилстирола (СКС-10 и СКМС-10; СКС-30 и СКМС-30).

В случае субстратов, находящихся в высокозластичном состоянии (каучук СКН-40, полизобутилен) уменьшение адгезии с увеличением содержания в макромолекуле метилстирола гораздо менее ясно выражено. Возможно, что благодаря более рыхлой упаковке молекул субстрата, т. е. большим размерам микропустот, наличие коротких боковых групп уже не служит столь значительным препятствием для диффузионного проникновения макромолекул адгезива в эти пустоты. Наоборот, можно себе представить, что при попадании в эти пустоты молекул адгезива или их сегментов, боковые группы могут служить своеобразными «якорными» точками, препятствуя «вытаскиванию» макромолекул из слоя полимера при расслаивании склейки.

Рассмотрение температурной зависимости адгезии бутадиенстирольных и бутадиенметилстирольных сополимеров показывает, что во всех случаях повышение температуры ведет к увеличению адгезии. Повышение адгезии при этом настолько велико, что оно в значительной мере снижает влияние количественного и качественного состава боковых групп, делая его менее заметным. Это позволяет прийти к заключению, что, очевидно, повышение температуры контакта, способствуя увеличению подвижности макромолекул, может делать короткие боковые привески фактором, благоприятствующим проявлению адгезии, вследствие увеличения количества «якорных» точек. Следует, однако, заметить, что увеличение адгезии может являться следствием не только количественного увеличения подвижности молекулярных цепей при нагреве, но и результатом качественных изменений в механизме диффузии, когда кинетической единицей, принимающей участие в диффузии, становится молекулярная цепь в целом, а не ее отдельные сегменты. В нашем случае такое изменение механизма диффузии вполне вероятно, так как выбранная температура прогрева (100°) лежит выше температурного интервала текучести бутадиенстирольных сополимеров.

Исходя из изложенного выше следует, что при контакте двух полимеров молекулярный механизм диффузии, а отсюда и величина адгезии бу-

дут находиться в сильнейшей зависимости от фазового состояния хотя бы одного из полимеров. В области стеклообразного состояния полимеров, когда подвижность сегментов макромолекул минимальна, никакой диффузии не будет, а следовательно, и адгезия будет равна нулю. Это и было доказано в опытах, поставленных с полистиролом. В области высокогоэластического состояния в тепловом движении участвуют сегменты и главным образом концы макромолекул, и только диффузия большого числа их, как в случае полибутадиенов, может привести к высокой адгезии. Наконец, при достижении вязкотекучего состояния в диффузии начинают принимать участие макромолекулы в целом, так как их движению друг относительно друга уже не препятствуют силы взаимодействия между ними. Это, в конечном счете, и приводит к резкому увеличению значений сопротивления расслаиванию склейки. Подобное предположение было высказано ранее одним из авторов этой статьи совместно с Гришиным и Гудимовым [13] для случая сваривания органических стекол. Конечно, при контакте двух различных полимеров картина значительно усложняется тем, что температуры, соответствующие изменениям фазового состояния каждого из обоих полимеров, как правило, не совпадают.

3. Адгезия к различным субстратам полярных каучуков

Табл. 3, в которой приведены данные об адгезии к различным субстратам полярных каучуков, показывает, что введение в макромолекулу полярных групп — хлора и в особенности сильнонаполярной нитрильной группы — в значительной степени понижает адгезию полимера ко всем субстратам по сравнению с полимером, не содержащим полярных групп (полибутадиеном). На наш взгляд плохая адгезия полярных каучуков является чисто кинетическим эффектом [1].

Сильное взаимодействие между молекулярными цепями адгезива, обусловленное присутствием полярных групп, снижает подвижность молекул полимера, что и приводит к резкому замедлению диффузии и к падению адгезии.

Лучшие адгезионные свойства полихлоропрена по сравнению с каучуком СКН-40 объясняются меньшей полярностью первого полимера, а также, вероятно, тем, что молекулярные цепи полихлоропрена обладают редкими, но длинными разветвлениями [14], которые сами способны диффундировать в субстрат.

В табл. 3 сведены также результаты опытов по определению адгезии карбоксилатного бутадиенстирольного каучука СКС-30-1, содержащего в молекуле 1% метакриловой кислоты и полимеризованного примерно в тех же условиях, что и каучук СКС-30A. Как можно видеть, адгезия этого каучука по всем субстратам (за исключением полиэтилена) значительно выше адгезии каучука СКС-30A с тем же количеством стирола, но не содержащего метакриловой кислоты в молекуле. Это вполне закономерно в случае полярных субстратов, так как при умеренной полярности адгезива увеличение адгезии в результате улучшения растворимости может перекрывать уменьшение адгезии вследствие увеличения жесткости молекулы и ухудшения диффузионной способности каучука. Что же касается повышения адгезии каучука СКС-30-1 к неполярному субстрату (полиизобутилену), то оно остается пока необъясненным. Следует отметить, что наши предварительные опыты показали снижение адгезии карбоксилатного бутадиенстирольного каучука к субстратам с дальнейшим увеличением содержания в его молекуле метакриловой кислоты. Повышение температуры контакта, вызывая разрушение межмолекулярных связей в полимере и увеличивая подвижность макромолекул, увеличивает адгезию полярных адгезивов к большинству субстратов. Исключение представляют склейки полихлоропрена, с каучуком СКН-40 и полиизобутиленом и склейки каучука СКС-30-1 с полиизобутиленом. Ухудшение адгезии

Таблица 3

Сопротивление расслаиванию склеек, полученных с применением полярных каучуков

Субстрат	Целлофан				Полиамид				Полиэтилен				СКН-40				Полизобутилен			
	температура контакта, °C		20	100	температура расслаивания		20	100												
адгезивы	характер расслаивания	P, Г/см	характер расслаивания	P, Г/см	характер расслаивания	P, Г/см	характер расслаивания	P, Г/см	характер расслаивания	P, Г/см	характер расслаивания	P, Г/см	характер расслаивания	P, Г/см	характер расслаивания	P, Г/см	характер расслаивания	P, Г/см	характер расслаивания	P, Г/см
СКВ-50	K	908	K	1160	K	1260	K	1146	C	A 119	C	A 160	K	1208	K	995	K	1189	K	1177
СКН-40	A	248	A	285	A	101	A	250	A	18	A	32	R	1215	C	A 82	A	47	A	56
Полихлоропреи	A	861	A	814	A	757	A	984	A	75	A	257	R	4500	A	600	A	350	A	117
СКС-30А	A	50	C	A 98	A	65	C	A 171	A	40	C	A 90	C	A 161	C	A 176	C	A 208	A	177
СКС-30-1	K	940	K	841	K	1192	K	1008	A	23	C	A 92	R	624	K	718	K	1127	K	798

полихлоропрена к СКН-40 при прогреве склейки при температурах выше 60° было показано еще в работе [15]. В то время это явление было объяснено ухудшением совместимости обоих полимеров с повышением температуры.

4. Значение природы и фазового состояния субстрата для явлений адгезии

Данные табл. 1, 2 и 3 позволяют сделать некоторые выводы о значении природы и фазового состояния субстрата в явлениях адгезии полимера к полимеру.

При сравнении адгезионной способности каучуков к различным субстратам обращает на себя внимание исключительно низкая адгезия их к полиэтилену. Это явление мы склонны объяснить высокой кристалличностью и большой плотностью упаковки молекул полиэтилена, что препятствует диффузии молекул адгезива и установлению прочной адгезионной связи.

Далее, можно заметить, что неполярные каучуки обладают одинаковой способностью прилипать как к неполярным, так и полярным субстратам. Адгезия этих каучуков, очевидно, мало зависит от природы субстрата и обусловливается целиком подвижностью макромолекул каучуков. Такое явление при адгезии неполярных каучуков к целлофану отмечалось и ранее [1], и, вероятно, объясняется локальным растворением углеводородных цепей адгезива в субстрате, состоящем из полярных групп и довольно больших участков неполярных углеводородных цепей.

Полярные каучуки обнаруживают хорошую адгезию к полярным субстратам и низкую — к неполярным. Можно думать, что в этом случае адгезия в значительной мере определяется способностью находящихся в контакте полимеров взаиморастворяться.

Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что многие каучуки независимо от своей полярности проявляют более высокую адгезию к каучуку СКН-40 и полизобутилену, чем к целлофану, полиамиду и полиэтилену. Этот факт с нашей точки зрения объясняется тем, что при слипании двух полимеров, находящихся в высокоэластическом состоянии, имеет место не односторонняя диффузия, как в случае застеклованных и кристаллических субстратов, а двухсторонняя взаимодиффузия молекул адгезива и субстрата.

Выводы

1. При помощи специально разработанной методики определена адгезия ряда синтетических каучуков к различным высокомолекулярным субстратам.
2. Показано влияние на адгезию каучуков их химического строения (размер, форма и полярность макромолекул) и выявлено значение для адгезии природы и фазового состояния субстрата.
3. Исследовано влияние температуры контакта на адгезию полимеров. Температура в большинстве случаев увеличивает адгезию, причем роль отдельных факторов, определяющих диффузию, с повышением температуры контакта может существенно меняться.
4. Результаты работы обсуждены с точки зрения диффузионной теории адгезии. Высказаны общие соображения о характере диффузии в различных конкретных случаях.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. С. Вояцкий, А. И. Шаповалова, А. П. Писаренко, Коллоид. ж., 19, 274, 1957.
2. А. И. Шаповалова, С. С. Вояцкий, А. П. Писаренко, Коллоид. ж., 18, 485, 1956.
3. С. С. Вояцкий, В. М. Замазий, Докл. АН СССР, 81, 63, 1951; Коллоид. ж., 15, 407, 1953.
4. A. D. McLaren, C. H. Hofrichter, Paper Trade J., 125, 96, 1947.
5. A. D. McLaren, J. Polymer Sci., 3, 652, 1948.
6. В. А. Каргин, А. И. Китайгородский, Г. Л. Слонимский, Коллоид. ж., 19, 131, 1957.
7. А. А. Горина, В. А. Каргин, П. М. Козлов, Химич. пром-сть, 1959, № 2, 42.
8. А. А. Коротков, К. Б. Пиотровский, Д. П. Ферингер, Докл. АН СССР, 110, 89, 1956.
9. С. А. Субботин, В. В. Самолетова, А. К. Знаменский, Химич. пром-сть, 1956, № 7, 405.
10. И. В. Бородина, А. К. Никитин, Технические свойства советских синтетических каучуков, Госхимиздат, 1952.
11. А. С. Новиков, Ф. С. Толстухина, Коллоид. ж., 19, 599, 1957.
12. В. К. Кармин, Сб. Успехи химии и технологии полимеров, Госхимиздат, М., 1955, стр. 24.
13. Н. А. Гришин, С. С. Вояцкий, М. М. Гудимов, Докл. АН СССР, 116, 629, 1957.
14. Н. Гаунтон, Каучук и резина, 1938, № 3, 22.
15. С. С. Вояцкий, Легкая пром-сть, 1953, № 1, 42.

**ADHESION OF HIGH POLYMERS. V. ADHESION OF SYNTHETIC RUBBERS
TO VARIOUS HIGH MOLECULAR SUBSTRATES**

S. S. Voyutskii, V. L. Vakula

Summary

The adhesion of a number of synthetic rubbers to various high molecular substrates has been determined by means of a specially developed method based on the separation of the elastomers brought into contact.

The effect of the chemical composition and structure of the rubber-like adhesives and high molecular substrates (size, shape and polarity of the macromolecules, phase state of the polymer) on the adhesion has been shown. The temperature influence on the latter has also been investigated and it has been found that a rise in temperature mostly leads to increased adhesion. The relative part played by the individual factors determining diffusion may change significantly.

The results of the investigation have been interpreted in terms of the diffusion theory of adhesion being developed by the authors.