

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

*B. A. Каргин, С. Я. Мирлина, Ю. Ф. Нагорная*

Исследование процессов ориентации полимеров представляет большой практический и теоретический интерес.

В настоящее время можно считать установленным [1, 2], что возникшая в процессе ориентации полимеров механическая и структурная анизотропия не всегда приводит к усилению межмолекулярного взаимодействия и к увеличению плотности упаковки цепей.

Изменение плотности упаковки полимеров при их ориентации зависит главным образом от гибкости цепи и характера межмолекулярного взаимодействия, а также от кинетики процессов выпрямления и перегруппировки молекул.

Для характеристики молекулярного механизма процессов ориентации, формы и состояния цепей в ориентированном полимере необходимо изучение ориентации различными методами.

В настоящей работе исследовалась анизотропия электропроводности полимерных электролитов. Определение электропроводности ориентированных и неориентированных пленок проводилось путем измерения силы тока, протекающего через пленку, при наложении определенного потенциала. Сила тока, протекающего через пленку между 4 параллельно включенными электродами, измерялась зеркальным гальванометром с чувствительностью  $1 \cdot 10^{-9}$  А.

Электроды укреплялись на эbonитовой ручке с янтарной изоляцией под углом  $45^\circ$ , так что измерения проводимости вдоль и поперек оси ориентации осуществлялись только поворотом ручки на  $90^\circ$ . Специальная пружинка, укрепленная в ручке, давала возможность осуществлять контакт с пленкой при постоянном нажиме.

Удельная электропроводность рассчитывалась по обычной формуле

$$\kappa = \frac{I}{V} \frac{l}{S},$$

где  $l$  — длина электрода,  $S$  — площадь поперечного сечения измеряемой пленки.

Оценку анизотропии электропроводности можно получить также при пропускании постоянного тока через пленку, лежащую на йодокрахмальной бумаге. При этом образуются окрашенные крути или эллипсы с различным соотношением осей в зависимости от степени ориентации. Диффузионная картина проводимости по методу «следов» на йодокрахмальной бумаге исследовалась для всех ориентированных пленок.

Пленки готовились на основе высокомолекулярных фракций поликариловой и полиметакриловой кислот и их солей — калиевых, литиевых, бариевых и четвертичных аммониевых оснований, а также их смесей с поливиниловым спиртом.

Поликариловая кислота готовилась путем полимеризации в атмосфере азота перегнанной акриловой кислоты. Применялись фракции поликар-

риловой кислоты с молекулярным весом  $(0,5-1) \cdot 10^6$  и полиметакриловой кислоты с молекулярным весом 80 000—100 000. Так как наличие функциональных групп могло особенно сказаться на увеличении межмолекулярного взаимодействия и жесткости цепи в конденсированных системах, то были исследованы также пленки из тех же кислот, разбавленных поливиниловым спиртом. Поливиниловый спирт молекулярного веса 8000—10 000 очищался электродиализом. Вода применялась дважды перегнанная с удельной электропроводностью  $1 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ .

В качестве пластификатора был применен глицерин марки «для микроскопии», дополнительно очищенный электродиализом. Применение пластификатора дало возможность расширить область высокой эластичности и ориентировать пленки при комнатной температуре, не снижая при этом разрывной прочности. Оптимальное количество глицерина подбиралось опытным путем в зависимости от состава пленок. Для пленок из поликарболовой кислоты количество глицерина составляло 1% от объема; для пленок полиметакриловой кислоты — 6% от объема. Пленки получались на териленовой подложке.

Ориентация пленок осуществлялась на динамометре типа Поляни и на специальных рамках. Доказательством того, что ориентация пленок велась на режиме высокоэластической деформации, а не на режиме течения, служит обратная релаксация пленок при снятии напряжения.

### Результаты исследования и их обсуждение

На табл. 1 и рис. 1 представлены значения удельной электропроводности в  $\text{ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  при разных степенях ориентации (в процентах) для пленок на основе водных растворов полиметакриловой кислоты.

Таблица 1

Значения коэффициента анизотропии электропроводности ( $K$ ) для пленок из полиэлектролитов при разных степенях ориентации

Состав пленки	Степень ориентации, %	$K$
Полиметакриловая кислота	0	0,98
	200	1,03
	300	1,09
Калиевые соли полиметакриловой кислоты: a) 2% нейтрализации	0	1,04
	200	1,10
	300	1,20
б) 46% нейтрализации	0	1,02
	200	1,12
	300	1,12
	370	1,24
в) Поливиниловый спирт + 1% К-соли полиметакриловой кислоты (2,2% нейтрализации)	0	1,1
	220	1,0
	300	1,0

В столбце 3 табл. 1 приведены значения коэффициента анизотропии электропроводности, т. е. отношения проводимости пленки вдоль оси ориентации к проводимости поперек оси ориентации.

На всех рисунках сплошной линией обозначены значения удельной электропроводности вдоль оси ориентации, а пунктирной — поперек оси ориентации.

На рис. 2 представлена зависимость безразмерной величины  $\chi/\chi_0$  от степени ориентации, где  $\chi_0 = \chi(0)$ , т. е. значение удельной электропроводности пленок при 0% ориентации.

Сравнение проводимости ориентированных пленок вдоль и поперек оси ориентации показывает практическое отсутствие анизотропии электропроводности. Значения  $K$  — коэффициентов электропроводности для одного и того же образца близки к единице и превышают ее лишь в пределах погрешности опыта. Таким образом, анизотропия или отсутствует или очень мала.

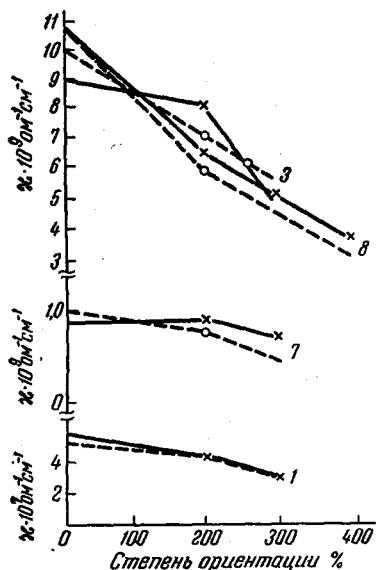


Рис. 1

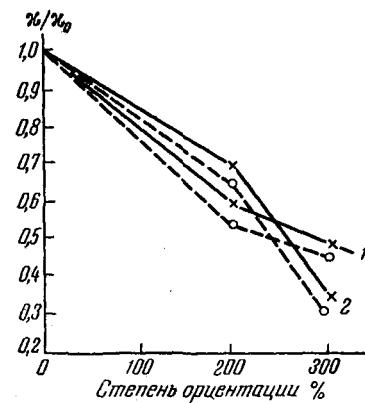


Рис. 2

Рис. 1. Значения удельной электропроводности (в  $\text{ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ) при разных степенях ориентации (в %) для пленок на основе водных растворов полиметакриловой кислоты: 1 — поливиниловый спирт (ПВС) + 1% К-соли ПМА кислоты (2,2% нейтр-ции); 2 — полиметакриловая кислота (ПМА); 7 — калиевая соль ПМА кислоты (2% нейтр-ции); 8 — то же (46% нейтр-ции)

Рис. 2. Зависимость относительной удельной электропроводности ( $\chi/\chi_0$ ) от степени ориентации для пленок на основе полиметакриловой кислоты ( $\chi_0$  — значение удельной электропроводности пленок при 0% ориентации): 1 — ПВС + 1% К-соли ПМА кислоты (2,2% нейтр-ции); 2 — полиметакриловая кислота (ПМА)

С ростом ориентации удельная электропроводность понижается. Для калиевых солей полиметакриловой кислоты понижение удельной электропроводности при увеличении ориентации тем больше, чем больше степень нейтрализации (кривые 1 и 8).

В смесях с поливиниловым спиртом даже при незначительном содержании полиметакриловой кислоты (1%) и небольшой степени нейтрализации (кривая 1) при увеличении ориентации наблюдается заметное снижение удельной электропроводности.

Полиметакриловая кислота благодаря наличию боковых групп  $\text{CH}_3$  имеет форму выпрямленных цепей даже при отсутствии деформации. Поэтому уже при небольших степенях ориентации для пленок из полиметакриловой кислоты наблюдается понижение электропроводности вследствие нарушения контакта между пачками цепей и уменьшения плотности их упаковки.

При переходе к более развернутым формам цепей — к одновалентным солям полиметакриловой и поликарболовой кислот, когда молекулярная цепочка все больше выпрямляется с возрастанием эффективного заряда цепи, понижение электропроводности с ориентацией наблюдается еще более резко (кривые 1 и 8).

Относительное понижение электропроводности по сравнению с неориентированной пленкой, принятой за единицу, для полиметакриловой кислоты и ее калиевой соли можно видеть на рис. 2.

Таким образом, при ориентации пленок, в которых полимерный электролит имеет фибрillлярную структуру, значения электропроводности с ростом ориентации всегда уменьшаются.

Таблица 2

Значения коэффициента анизотропии электропроводности ( $K$ ) для пленок из полизлектролитов при разных степенях ориентации

Состав пленки	Степень ориентации, %	$K$
Полиакриловая кислота	0	1,05
	200	1,04
	300	1,13
	400	1,04
	500	0,86
Калиевые соли полиакриловой кислоты (44% нейтрализации)	0	1,15
	200	0,96
	300	1,16
	500	1,00
Поливиниловый спирт + 1% калиевой соли полиакриловой кислоты (0,5% нейтрализации)	0	1,0
	200	1,0
	300	0,89
Поливиниловый спирт + 1% калиевой соли полиакриловой кислоты (64,4% нейтрализации)	0	1,1
	200	1,0
	300	1,0
	400	1,0

В табл. 2 и на рис. 3 и 4 представлены значения коэффициента анизотропии электропроводности и удельной электропроводности при разных степенях ориентации для пленок из полиакриловой кислоты.

Из этих данных видно, что для пленок из полиакриловой кислоты анизотропии электропроводности также не наблюдается. Изменение электропроводности этих пленок зависит от первоначальной конфигурации цепей полиакриловой кислоты.

Как было показано ранее [3], полиакриловая кислота имеет гибкульярную структуру, и при ориентации полиакриловой кислоты электропроводность сначала возрастает, проходит через максимум и затем падает. По-видимому, при небольших ориентациях происходит выпрямление цепей полиакриловой кислоты и, следовательно, повышение проводимости. Дальнейшая ориентация вызывает понижение проводимости вследствие нарушения сплошности структуры — возникновения микронеоднородностей.

В случае пленок из солей полиакриловой кислоты более сильное снижение электропроводности наблюдается для большей степени нейтрализации.

Понижение проводимости полиметакриловой кислот с ориентацией связано, по-видимому, не столько с изменением плотности упаковки цепей и разрыхлением, сколько с возникновением микронеоднородностей, т. е. с возникновением при ориентации пачек цепей, плохо контактирующих между собой. При нарушении плотности упаковки понижение проводимости составляло бы небольшую величину соответствующе величине контракции [4] — в наших опытах наблюдалось изменение проводимости на целый порядок.

Как известно [4], присутствие карбоксильных групп является причиной сравнительно низкого значения специфической удельной контракции ( $K = 0,178$  для метакриловой кислоты, а для этилена, например,  $K = 1,14$ ).

Полимерные цепи этих соединений более жестки и хуже упаковываются. Поэтому при ориентации полимерных кислот легко нарушается гомогенность и возникают неоднородности. Действительно, в работе Каргина и Бакеева [3] по изучению структуры полиакриловой кислоты и ее солей прямыми электронномикроскопическими опытами было показано, что эти системы дают не переплетения цепей молекул, а пачки цепей и глобулы, т. е. являются системами гетерогенными.

Понижение проводимости в случае кислот может быть объяснено затруднением диффузии катионов вследствие образования неоднородностей при ориентации.

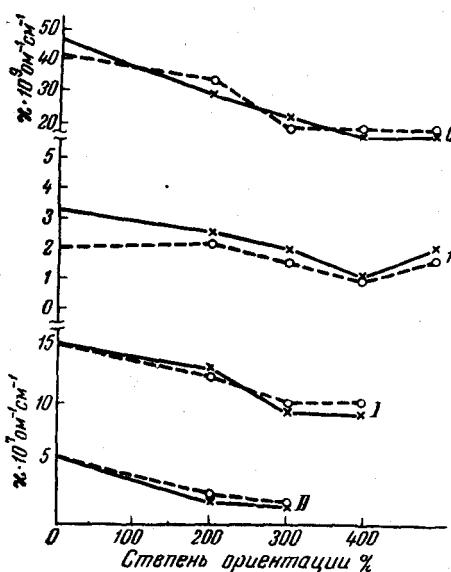


Рис. 3

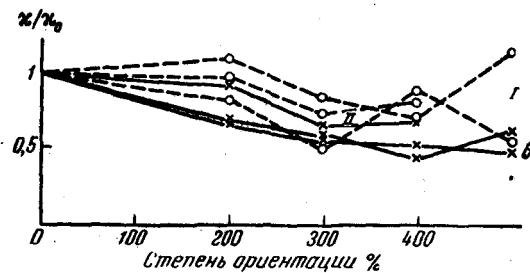


Рис. 4

Рис. 3. Значения удельной электропроводности (в  $\text{ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ) при разных степенях ориентации (в %) для пленок из полиакриловой кислоты:

I — полиакриловая кислота (ПА); 6 — калиевая соль полиакриловой кислоты (44% нейтр-ции); I — ПВС + 1% К-соли ПА кислоты (0,5% нейтр-ции), II — ПВС + 1% К-соли ПА кислоты (64,4% нейтр-ции)

Рис. 4. Зависимость относительной удельной электропроводности ( $x/x_0$ ) от степени ориентации пленок из полиакриловой кислоты (ПА):

I — полиакриловая кислота (ПА); 6 — калиевая соль ПА кислоты (44% нейтр-ции); II — ПВС + 1% калиевой соли ПА кислоты (44% нейтр-ции)

Исследование электропроводности пленок из смесей поливинилового спирта с различными количествами кислот (от 0 до 50%) и с разной степенью нейтрализации для солей одновалентных катионов, дающих развернутые цепи — калия, лития и четвертичных аммониевых оснований, подтвердили отсутствие анизотропии электропроводности с ростом ориентации.

Изменение проводимости этих пленок также определяется первоначальной формой цепей полимера.

Представляло интерес исследовать зависимость электропроводности от степени ориентации пленок бариевых солей полиакриловой и полиметакриловой кислот, имеющих, как известно, глобулярную конфигурацию, в смеси их с поливиниловым спиртом.

Соли бария дают клубок с менее диффузной структурой по сравнению с полиакриловой кислотой, так как здесь к термическим силам прибавляются большие межмолекулярные силы, обусловленные взаимодействием двухвалентного бария с карбоксильными группами. При ориентации происходит выпрямление цепей, приводящее к повышению проводимости

с деформацией. Чем больше степень нейтрализации, тем устойчивее глобулы, тем труднее выпрямить молекулярную цепь.

На рис. 5, 6 и в табл. 3 представлены значения коэффициента анизотропии электропроводности, удельной электропроводности для пленок из солей бария полиакриловой и полиметакриловой кислот в смесях с поливиниловым спиртом при разных степенях ориентации.

Таблица 3

Значения коэффициентов анизотропии электропроводности ( $K$ ) для пленок из полиэлектролитов при разных степенях ориентации

Состав пленки	Степень ориентации, %	$K$
Поливиниловый спирт + 20% бариевой соли полиметакриловой кислоты (50% нейтрализации)	0	0,90
	300	1,0
	400	1,0
Поливиниловый спирт + 1% бариевой соли полиакриловой кислоты (33% нейтрализации)	0	0,99
	200	1,0
	300	1,1
	400	0,98
Поливиниловый спирт + 1% бариевой соли полиакриловой кислоты (83% нейтрализации)	0	1,0
	300	1,0
	400	0,99
Поливиниловый спирт + 1% бариевой соли полиакриловой кислоты (50% нейтрализации)	0	0,88
	300	1,0
	400	1,0

Бариевые соли полиакриловой кислоты даже при небольшом проценте содержания соли в смесях с поливиниловым спиртом дают повышение электропроводности в том случае, когда глобулы менее устойчивы (кривая

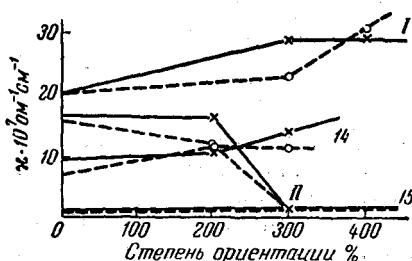


Рис. 5

Рис. 5. Значение удельной электропроводности ( $x \cdot 10^2 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) при разных степенях ориентации (в %) для пленок из смесей поливинилового спирта (ПВС) с солями бария полиакриловой и полиметакриловой кислот:

I — ПВС + 1% ПА Ba<sup>++</sup> (33% нейтр-ции); II — ПВС + 1% ПА Ba<sup>++</sup> (83% нейтр-ции); 14 — ПВС + 1% ПМА Ba<sup>++</sup> (50% нейтр-ции); 15 — ПВС + 20% ПМА Ba<sup>++</sup> (50% нейтр-ции)

Рис. 6. Зависимость относительной удельной электропроводности ( $x/x_0$ ) от степени ориентации пленок из смесей ПВС с бариевыми солями полиакриловой и полиметакриловой кислот:

I — ПВС + 1% Ba<sup>++</sup> (33% нейтр-ции); II — ПВС + 1% ПА Ba<sup>++</sup> (83% нейтр-ции); 14 — ПВС + 1% ПМА Ba<sup>++</sup> (50% нейтр-ции)

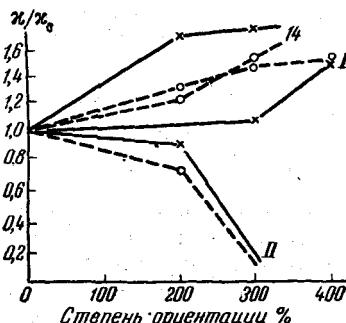


Рис. 6

*I* — степень нейтрализации 33%). В случае почти полной нейтрализации (кривая *II* — 83% нейтрализации) глобулы более устойчивы, но достаточно небольшой ориентации, чтобы контакт между ними нарушился и произошло снижение электропроводности.

У бариевых солей полиметакриловой кислоты при одинаковой степени нейтрализации (50%) наблюдается большее повышение электропроводности там, где имеется меньшее содержание соли в смеси с поливиниловым спиртом. Изменение электропроводности менее сказывается в случае бариевых солей полиметакриловой кислоты, так как последняя сама имеет развернутую конфигурацию.

Анизотропии электропроводности для пленок из бариевых солей этих кислот также не наблюдается.

### Двойное лучепреломление

Появление анизотропии при ориентации гибких цепных молекул связано не только с выпрямлением всей молекулы, но и с выпрямлением ее микроучастков. Различные методы оценки ориентации позволяют судить о природе ориентации, о форме цепей и состоянии их в ориентированном полимере, а также о гибкости цепей. Поэтому параллельно с определением электропроводности велся контроль за возникновением анизотропии с ростом ориентации и другими методами: оптическим методом, методом рентгеновского анализа и определением диффузионной картины проводимости.

Во всех исследованных пленках была обнаружена оптическая анизотропия, т. е. увеличение угла двойного лучепреломления с ростом ориентации. Это иллюстрируется табл. 4 и 5 и рис. 7 и 8, представляющими зависимость двулучепреломления от ориентации для пленок из калиевых и бариевых солей полиметакриловой кислоты.

Таблица 4

Зависимость двулучепреломления от степени ориентации

Состав пленки	Степень ориентации, %	Двулучепреломление
Поливиниловый спирт + 10% калиевой соли полиметакриловой кислоты (60,6% нейтрализации)	0	0
	200	$1,6 \cdot 10^{-3}$
	300	$3,2 \cdot 10^{-3}$
	400	$5,5 \cdot 10^{-3}$

Таблица 5

Зависимость двулучепреломления от степени ориентации пленок полиэлектролитов

Состав пленки	Степень ориентации, %	Двулучепреломление
Поливиниловый спирт + 20% барийевой соли полиметакриловой кислоты (33% нейтрализации)	0	0
	200	$0,076 \cdot 10^{-3}$
	300	$0,13 \cdot 10^{-3}$

Диффузионная картина проводимости всегда давала равномерную картину в виде круга, как это видно на рис. 9.

Рентгенограммы для поликарболовой и полиметакриловой кислот для разных степеней ориентации давали размытую диффузную картину. Текстура появляется у пленок из смеси поливинилового спирта с калиевыми и бариевыми солями (рис. 10, 11, 12) при степенях ориентации 400 и 500%.

Для сравнения была исследована техническая полiamидная кристаллическая пленка, которая также не дала анизотропии электропроводности при степенях ориентации от 0 до 500%.

С увеличением степени ориентации для этой пленки наблюдалось понижение проводимости, что, как известно [1], связано с разупорядочением кристаллического полимера при деформации.

Таким образом, наше исследование показало, что понижение проводимости для развернутых пачек цепей связано с разупорядочением системы, с возникновением микронеоднородностей. Очевидно, понижение проводимости мы наблюдаем в тех случаях, когда скорость релаксации мала по сравнению со скоростью измерения.

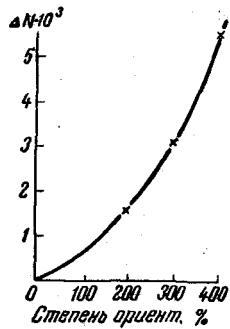


Рис. 7

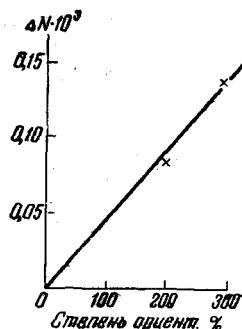


Рис. 8

Рис. 7. Зависимость двулучепреломления от степени ориентации для пленок из смеси поливинилового спирта (ПВС) с 10% калиевой соли полиметакриловой кислоты (60,6% нейтр-ции)

Рис. 8. Зависимость двулучепреломления от степени ориентации для пленок из смеси поливинилового спирта с 20% бария соли полиметакриловой кислоты (33% нейтр-ции)

Это предположение подтверждается опытами по влиянию терморелаксации на изменение проводимости пленок. Образцы ориентированной пленки, закрытые фольгой или полиэтиленовой пленкой, плотно зажимались между двумя стеклянными пластинками и прогревались при  $T = 100^\circ$  в течение 15—20 часов. Затем образцы либо быстро закалялись, либо медленно (на  $10^\circ$  в 1 час) охлажддались.

Оказалось, что при закалке плотность упаковки несколько меньше, чем при ориентации.

Мы наблюдали сначала повышение электропроводности, а затем дальнейшее понижение. При медленном охлаждении процессы терморелаксации проходят с большой скоростью. При этом соответственно увеличивается плотность упаковки и уменьшается снижение проводимости.

Терморелаксация не оказала значительного влияния на изменение проводимости, так как понижение электропроводности, связанное с выпрямлением цепей, при этом меньше, чем при ориентации полимера.

### Выходы

1. Исследование анизотропии электропроводности показало, что ориентированные пленки полиэлектролитов (полиакриловой и полиметакриловой кислот и их солей) анизотропии электропроводности не обнаруживают.

При ориентации гибких молекул, связанный с высокоэластической деформацией, происходило относительное выпрямление лишь больших участков цепей, на малых участках ориентация такого порядка (до 500%) не оказывается. Так как анизотропия электропроводности может быть обнаружена только при выпрямлении малых участков цепей, то, следовательно, системы с гибкими цепями не могут дать анизотропии электропроводности. По-видимому, при ориентации не происходит значительного изменения расстояний между ионогенными группами как внутри цепи, так и между цепями, что связано с гибкостью цепей.

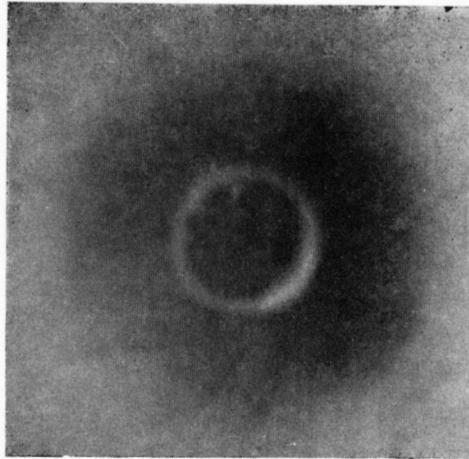


Рис. 9. Диффузионная картина проводимости (по методу «следов» на йодокрахмальной бумаге)

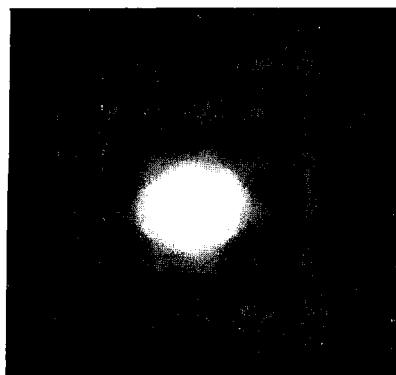


Рис. 10

Рис. 10. Поливиниловый спирт + 20% ПМА К<sup>+</sup> (60,6% нейтр-ции);  
ориентация 300%

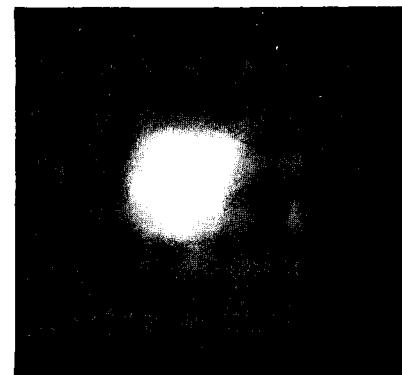


Рис. 11

Рис. 11. Поливиниловый спирт + 50% ПМА Ва<sup>++</sup> (50% нейтр-ции);  
ориентация 400%

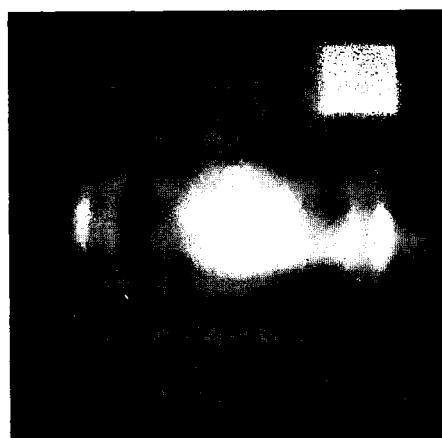


Рис. 12. Полиамидная пленка; ориентация  
500%

Отсутствие анизотропии электропроводности свидетельствует о том, что никакой предпочтительности проводимости по цепям полиэлектролитов нет. Отсутствие анизотропии связано с отсутствием макродефектов в пленке и является хорошим контролем ее качества.

2. Характер имевших место изменений электропроводности с ростом ориентации в полимерных пленках определяется существованием двух типов структур для полиэлектролитов: глобулярных образований и развернутых пачек цепей.

Соответственно было обнаружено возникновение двух видов изменения электропроводности с ростом ориентации:

а) понижение электропроводности, когда молекула развернута (в случае полиметакриловой кислоты и солей одновалентных катионов), которое может быть объяснено затруднением диффузии катионов вследствие образования неоднородностей при ориентации;

б) повышение электропроводности, наблюдавшееся для глобулярных структур, когда ориентация способствует разворачиванию глобул (в случае бариевых солей полиакриловой и полиметакриловой кислот);

в) промежуточный случай — новшение электропроводности с последующим понижением, имеет место в тех случаях, когда глобула неустойчива, легко разворачивается и сворачивается (полиакриловая кислота).

В пределе — для больших деформаций — всегда для полиэлектролитов характерно понижение проводимости. Физическое значение этого факта — изменения проводимости с ориентацией — заключается в том, что при деформации возникает разупорядочение системы цепей. Поэтому, если скорость релаксации мала по сравнению со скоростью измерения, мы отмечаем понижение проводимости.

Следовательно, характер изменения проводимости для полиэлектролитов, в отличие от низкомолекулярных соединений, не однозначно связан со степенью ориентации, а зависит от «истории» полиэлектролита, т. е. от первоначальной формы его макромолекул.

3. Изменение электропроводности с ориентацией не наблюдалось бы при существовании хаотически перепутанных цепей. Само изменение связано с существованием именно пачек цепей или глобул, контакт между которыми нарушается с ростом ориентации.

4. Причиной, вызывающей изменение электропроводности с ориентацией, является не среднее нарушение плотности, связанное с разрыхлением структуры и изменением плотности упаковки при ориентации, а возникновение микронеоднородностей, т. е. образование при ориентации пачек цепей, плохо контактирующих друг с другом. При нарушении только плотности упаковки понижение проводимости составляло бы небольшую величину соответственно величине контракции; в нашем случае наблюдалось изменение проводимости на целый порядок.

Появление микронеоднородностей подтверждает представление о немогенности «вторичных структур» макромолекул полимерных электролитов, непосредственно наблюдавшееся в электронном микроскопе.

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова  
Химический факультет

Поступила в редакцию  
9 VII 1958

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. С. Липатов, В. А. Карагин, Г. Л. Слонимский, ЖФХ, 30, 1075, 1956.
2. В. А. Карагин, Т. В. Гатовская, Докл. АН СССР, 106, 105, 1955.
3. В. А. Карагин, Н. Ф. Бакеев, Коллоид. ж., 19, 133, 1957.
4. В. С. Клименков, В. А. Карагин, А. И. Китайгородский, Докл. на 7-й конф-ции по высокомолекул. соед., 239, 1952.

**INVESTIGATION OF THE ANISOTROPY OF ELECTROCONDUCTIVITY  
OF POLYMER ELECTROLYTES***V. A. Kargin, S. Ya. Mirlina, Yu. F. Nagornaya***S u m m a r y**

Studies have been carried out on the anisotropy of the electroconductivity of poly-electrolyte films. As objects of study use was made of the high molecular fractions of polyacrylic and polymethacrylic acids, their salts and also their mixtures with poly-vinyl alcohol.

It has been shown that oriented films of these polyelectrolytes exhibit no electro-conductivity anisotropy.

Two types of change in the electroconductivity with increasing orientation have been revealed, namely, a decrease and an increase in the conductivity. The character of the changes in electroconductivity with growth in orientation of the films is determined by the existence of two types of polyelectrolyte structures: globular formations and packets of extended chains.

It has been concluded that anisotropy is difficult to bring to light in systems with flexible chains since on the orientation of flexible molecules only relatively large segments of the chains are straightened out, whereas anisotropy in the electroconductivity may be revealed only in the straightening of small segments. At the same time change in electroconductivity, itself, is associated with the existence of packets of chains or globules, contact between which becomes disrupted with increasing orientation.