
ХИМИЯ

Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2026. Т. 16, № 2. С. 49–56.
Proceeding of the Kabardino-Balkarian State University. 2026;16(2):49–56.

ХИМИЯ

Научная статья
УДК 541.64:542.952

Способы получения полиарилатов

Элла Арсеновна Бажева¹, Зера Лионовна Бесланеева², Рима Чамаловна Бажева³, Владислав Александрович Федоренко⁴

^{1,2,3,4}Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Кабардино-Балкарская Республика, Нальчик, Россия

¹*ellapistacho@yandex.ru*

²*zera-beslaneeva@mail.ru*

³*r.bazheva@mail.ru*

⁴*vf020888@gmail.com*

Аннотация. Представлена обзорная информация по основным способам получения полиарилатов. Особое внимание уделено полиарилатам на основе бисфенола А и основным трендам развития химии полиарилатов.

Ключевые слова: полиарилат, поликонденсация, бисфенол А, межфазная поликонденсация, перестерификация

Для цитирования: Бажева Э.А., Бесланеева З.Л., Бажева Р.Ч., Федоренко В.А. Способы получения полиарилатов // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2026. Т. 16, N 2. С. 49–56.

CHEMISTRY

Original article

Methods for producing polyarylates

Ella A. Bazheva¹, Zera L. Beslaneeva², Rima Ch. Bazheva³, Vladislav A. Fedorenko⁴

^{1,2,3,4}Kabardino-Balkarian State University, Kabardino-Balkarian Republik, Nal'chik, Russia

¹*ellapistacho@yandex.ru*

²*zera-beslaneeva@mail.ru*

³*r.bazheva@mail.ru*

⁴*vf020888@gmail.com*

Abstract. This article provides an overview of the main methods for producing polyarylates. Particular attention is paid to bisphenol A-based polyarylates and key trends in the development of polyarylate chemistry.

Keywords: polyarylate, polycondensation, bisphenol A, interfacial polycondensation, transesterification

For citation: Bazheva E.A., Beslaneeva Z.L., Bazheva R.Ch., Fedorenko V.A. Methods for producing polyarylates. *Proceeding of the Kabardino-Balkarian State University*. 2026;16(2):49–56. (In Russ.).

Полиарилаты – это линейные сложные полиэфиры ароматических двухосновных кислот и ароматических дигидроксисоединений (дифенолов) общей формулы: $[-O-Ar-O-CO-Ar'-CO-]_n$. Благодаря жесткости ароматических цепей они обладают высокой термостойкостью, хорошими механическими и диэлектрическими свойствами [1–3]. По температурным характеристикам полиарилаты занимают промежуточное положение между полисульфонами (ПС) и поликарбонатами (ПК), а среди их свойств особого внимания заслуживают прочность, сопротивление ползучести, а также электрические свойства.

В обзоре Global Polyarylate Market Overview указано, что оптические пленки, автомобильные детали, электрические и электронные компоненты, а также промышленное оборудование являются ключевыми областями применения полиарилата. В частности, исключительные оптические свойства полиарилата делают его идеальным материалом для оптических пленок (optical films), используемых в различных областях применения, таких как поляризаторы, пленки для дисплеев и защитные пленки. По прогнозам, к 2025 году мировой рынок оптических пленок достигнет 12,3 млрд долларов, что обусловлено растущим спросом на высококачественные дисплеи для смартфонов, планшетов и других электронных устройств [4, 5].

Бытовая электроника остается доминирующей силой на рынке полиарилатов, прежде всего благодаря их важной роли в производстве современных электронных устройств, где высокая производительность имеет решающее значение. Легкий вес полиарилатов, а также их прочность и термостойкость обеспечивают повышенную долговечность и функциональность гаджетов [6].

В последние годы на рынке полиарилата появилось несколько новых разработок. В 2023 году компания SABIC выпустила новый сорт полиарилата, предназначенный для использования в автомобильной промышленности. Этот новый сорт обладает улучшенной текучестью и сокращенным временем цикла, что делает его идеальным материалом для использования в сложных автомобильных деталях. Кроме того, компания Solvay объявила о планах инвестировать 20 млн долларов США в свой завод по производству полиарилата во Франции. Эти инвестиции помогут увеличить производственные мощности компании и удовлетворить растущий спрос на полиарилат.

Исследования по полиарилатам ведутся с конца 1950-х годов. Наибольшее внимание привлекают полиарилаты на основе бисфенола А (БФА) и изофталевой или терефталевой кислот. Гомополимеры бисфенола А и изофталевой или терефталевой кислот являются полукристаллическими [1–3, 7–10]. Данные полимеры имеют температуры стеклования 183 и 206 °С, а также температуры плавления 270 и 370 °С соответственно. Эти полукристаллические полиарилаты не были коммерциализированы из-за слишком высоких температур плавления и крайне низкой скорости кристаллизации. Однако аморфные ПАР получают из смеси изофталевой и терефталевой кислот и БФА и могут легко переработаны в расплаве. Японская компания Unitika (1974), корпорация Union Carbide (ныне Solvay Advanced Polymers) (1978), компания Hooker Chemical (1979) и компания DuPont (1986) коммерциализировали эти полимеры под торговыми названиями U-polymer, Ardel, Durel и Arylon, соответственно.

Хотя термин «полиарилат» обычно относится к полиэфирам, содержащим полностью ароматические группы, более конкретно он обозначает полиэфир на основе бисфенола А и смеси терефталогидхлорида и изофталогидхлорида (50/50). Эти материалы были коммерциализированы впервые в 1970-х годах компаниями Hoechst-Celanese и Unitika.

В ряде стран выпускаются полиарилаты Д и ДВ серий, «U-polymers» компании «Unitica Ltd.» (Япония), гибридные полиэфиры марки «Daron 40» компании DSM (США), PAE-1 компании «Dynamite Noble».

На текущий момент (2026 год) массового крупнотоннажного производства ароматических полиарилатов (которые часто идут под торговыми марками AryLite, U-Polymer и др.) в России не существует в том объеме, в каком это делают зарубежные гиганты (Unitika, Solvay, DuPont).

Однако в России есть научно-производственные центры и опытные производства, которые занимаются синтезом и выпуском опытно-промышленных партий ароматических полиарилатов, в основном для нужд оборонной промышленности, микроэлектроники и специального приборостроения.

Один из старейших и ключевых центров компетенции в области полимеров в России – АО «Институт пластмасс» (г. Москва). Институт является разработчиком технологий и может производить опытные партии. Организация выполняет НИОКР, включая синтез лабораторных и опытно-промышленных партий, а также является правообладателями многих советских и российских рецептов. Исторически именно здесь разрабатывались многие марки полиарилатов (например, ПА-1, ПА-2, ПА-7, ДВ-105-Т, Арокс, Ариокс).

ОАО «Пластполимер» (в составе АО «Технодинамика») производит полимеры специального назначения. В номенклатуре предприятия значатся литьевые и пленочные марки полиарилатов. Это одно из немногих мест, где пытались сохранить производственные мощности по сложным поликонденсационным полимерам.

ООО «НПО Химсинтез» (г. Москва, производство в г. Переславль-Залесский) занимается импортозамещением и производством высокотехнологичных полимеров (в том числе теплостойких), а также полиарилатов марок «Арокс» (это торговая марка именно этого НПО). Они предлагают полиарилаты различных модификаций.

АО «Композит» (г. Королев) в основном занимается углеродными композитами и керамикой, но в структуре есть направления по полимерным связующим. Они используют полиарилаты для создания высокопрочных композитов, и у них есть участки по синтезу для внутренних нужд.

ФГУП «НИИПМ» (г. Пермь). Специализация: химия и технология переработки пластиков, но в кооперации с производителями сырья занимаются разработкой рецептов полимеров, включая полиарилаты для авиакосмической отрасли.

Основной мономер при получении полиарилатов – дифенилолпропан (бисфенол А) производят в ООО «Усольехимпром» (входит в ГК «Титан») и «Казаньоргсинтез».

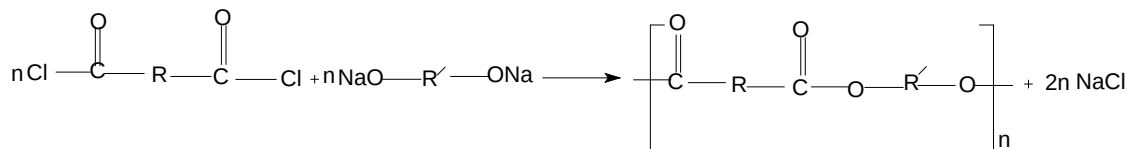
Но они выпускают бисфенол в основном для поликарбонатов. Для выпуска полиарилатов (где требования к чистоте могут быть выше) сырье необходимо дополнительно очищать, либо закупать импортное (китайское) через параллельный импорт.

Анализ мировой патентной литературы показал, что на начало 2025 года имеются более 100000 документов по полиарилатам. Среди патентообладателей лидерами ТОП-7 стали: Samsung Display Co., Ltd. – 7,4 %; Canon Kabushiki Kaisha – 3,9 %; Ricoh Company, Ltd. – 2,8 %; LG Chem – 2,1 %; General Electric Company – 2 %; Taylor Made Golf Company, Inc. – 1,7 %; Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd. – 1,5 %. Безусловное лидерство в основном за японскими, южнокорейскими и американскими компаниями [6].

В СССР разработка способа получения полиарилатов началась ещё в 1960-е годы. Крупнейшим основоположником этого направления был академик В.В. Коршак, работавший в Институте элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН. Анализ базы данных ФИПС показал, что по данной тематике имеется лишь около двух десятков патентов РФ на изобретения, причем статус поддержания в силе подтвержден только у некоторых из них [11–18].

Существует несколько основных способов получения полиарилатов:

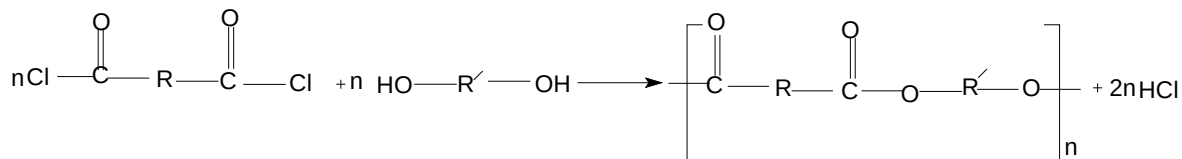
1. Самым распространенным и технологичным промышленным методом является *низкотемпературная (межфазная) поликонденсация* (гетерофазная):



Суть метода заключается в том, что реакция проходит на границе раздела двух несмешивающихся фаз – органической и водной. В качестве органической фазы используют хлорированные углеводороды, такие как 1,2-дихлорэтан, хлорбензол. Водная фаза представляет собой раствор дифенолята щелочного металла (например, бисфенола А, обработанного NaOH), органическая фаза – раствор хлорангидрида ароматической дикарбоновой кислоты (например: терефталойлхлорид, изофталойлхлорид). Процесс проводится при комнатной температуре. Реакция протекает на границе раздела фаз с очень высокой скоростью. Образующийся полимер сосредотачивается на межфазной поверхности, а затем переходит в органическую фазу. Побочный продукт – хлорид натрия (NaCl) – остается в водной фазе. Основные достоинства данного метода: не требуется строгой эквивалентности мономеров, позволяет получать полимеры

высокой молекулярной массы. Однако данный метод требует использования больших объемов органических растворителей и трудоемкости процессов очистки полимера от солей и остатков мономеров.

2. *Поликонденсация в растворе* (гомогенная, «приск-метод») используется, когда требуется получение полимеров специального состава или высокой чистоты.

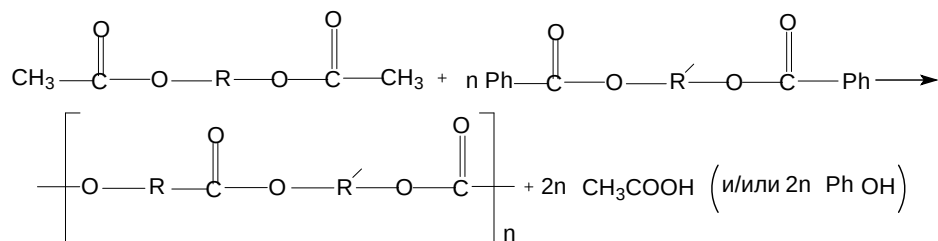


Суть метода заключается в том, что все компоненты реакции растворяются в одном инертном высококипящем растворителе. Бисфенол и дихлорангидрид кислоты растворяют в полярном апротонном растворителе (например, дихлорбензол, сульфолан, диметилсульфоксид). Реакция протекает в гомогенных условиях. Для связывания выделяющегося HCl и сдвига равновесия в сторону образования полимера в систему добавляют акцепторы HCl – третичные амины (пиридин, триэтиламин) или щелочные основания. Реакцию проводят при повышенных температурах (до 200–250 °C), что увеличивает молекулярную массу. В отличие от межфазной поликонденсации, образуется полимер более высокой степени чистоты, а также отмечается удаление побочных солей. Этот метод имеет ряд недостатков: он требует тщательной очистки растворителей и мономеров, сложнее обеспечить стехиометрическое соотношение, а его масштабирование менее эффективно.

3. *Поликонденсация в расплаве*. Классический метод для алифатических полиэфиров (как ПЭТФ), но ограниченно применим для полиарилатов. Поликонденсация проводится при высокой температуре в расплаве мономеров или образующегося полимера. Используются непосредственно ароматические дикарбоновые кислоты (а не их хлорангидриды или сложные эфиры) и бисфенолы. Основными недостатками (ограничениями) являются: температуры плавления полиарилатов очень высоки (часто выше температуры их разложения); ароматические кислоты и бисфенолы имеют низкую реакционную способность; выделяющаяся вода плохо удаляется из вязкого расплава.

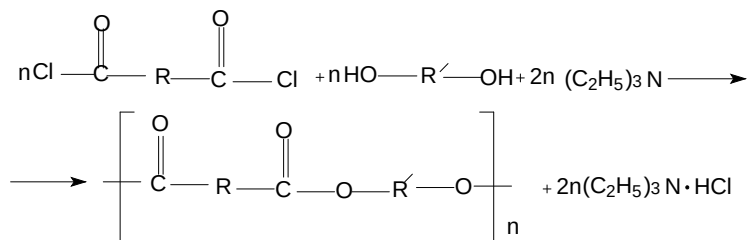
Данный метод используется для получения низкомолекулярных олигомеров или специальных типов полиарилатов с улучшенной плавкостью.

4. *Метод перегэтерификации*.



Суть метода заключается во взаимодействии диацетатов бисфенолов (например, диацетат бисфенола А) с дифениловыми эфирами ароматических кислот. Реакция проводится при высокой температуре (250–300 °C) в вакууме для удаления летучих побочных продуктов (фенола и уксусной кислоты). Основное преимущество перегэтерификации – более мягкие условия по сравнению с использованием хлорангидридов. Однако при высоких температурах существует риск побочных реакций, поэтому предварительный синтез сложных эфиров является необходимым условием минимизации нежелательных процессов.

4. *Низкотемпературная (акцепторно-каталитическая) поликонденсация*. Является удобным лабораторным способом, но не нашла широкого применения в промышленности.



В таблице 1 представлена сравнительная характеристика основных методов получения ПАР.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика основных методов получения ПАР

Метод	Мономеры (основные)	Условия	Преимущества	Недостатки	Применение
Межфазная	Дифенолят, хлорангидрид кислоты	Низкая Т, два раствора	Технологичность, высокая M_w , не нужна стехиометрия, мягкие условия	Агрессивные реагенты, высокий расход органических растворителей, критичность выбора растворителя, сложность очистки	Основной промышленный метод
Высокотемпературная в растворе	Дифенол, хлорангидрид кислоты	Повышенная Т, один растворитель	Чистый полимер, контроль за процессом, универсальность	Чистота реагентов, сложное масштабирование, сложность выделения и очистки полимера, низкая скорость реакции	Лабораторный синтез, специальные составы
В расплаве	Дифенол, дикарбоновая кислота	Высокая Т, вакуум	Простота аппаратуры	Применяем ограниченно, риск разложения, длительность процесса и диффузионные ограничения.	Специальные марки, олигомеры
Перезетерификация	Сложные эфиры мономеров	Высокая Т, вакуум	Без агрессивных реагентов	Многостадийность, высокие Т, термодеструкция	Альтернативный синтез

Таким образом, межфазная поликонденсация остается доминирующим промышленным способом получения полиарилатов благодаря своей простоте и эффективности. Поликонденсация в растворе – ключевой метод для исследований и получения полимеров с заданными свойствами в лаборатории. Остальные методы имеют узкоспециальное применение. Выбор метода зависит от требуемой марки полимера, доступного сырья и экономических факторов.

При усовершенствовании методов синтеза и переработки полиарилатов перспективными путями могут быть следующие направления:

1. Совершенствование методов поликонденсации и катализа.

Использование эффективных катализаторов, в частности, N-гетероциклические карбены, органические основания для минимизации побочных реакций и окрашивания. Нано- и гетерогенные катализаторы – функционализированные наночастицы, мезопористые материалы, иммобилизованные ферменты (липазы) для проведения реакций в мягких условиях и легкого отделения катализатора;

новые технологические приемы: поликонденсация с удалением побочного продукта под вакуумом или азеотропной отгонкой для смещения равновесия и получения высокомолекулярных продуктов;

использование ионных жидкостей как среды для синтеза (растворитель и часто катализатор одновременно), что позволяет работать при более низких температурах;

проведение заключительных стадий синтеза предполимера (форполимера) в твердой фазе при температурах ниже температуры плавления. Это позволит получать полимеры с более высокой молекулярной массой и улучшенными свойствами без термической дегградации;

2. Оптимизация технологий переработки:

Химическая деполимеризация (вторичная переработка): разработка методов гидролиза полиарилатов обратно в мономеры или ценные химикаты в контролируемых условиях (катализаторы, сверхкритические жидкости);

получение композитов и смесей: синтез полиарилатов, совместимых с другими полимерами (поликарбонатом, полисульфоном) или наполнителями (нанотрубки, графен), для создания материалов с заданными комплексными свойствами.

Соответственно, в ближайшем будущем мировой рынок полиарилатов продемонстрирует значительный рост, так как спрос на полиарилаты растет. Применение собственных материалов и развитие отечественной базы синтеза сложных полимеров может значительно сократить расходы на организацию новых производств. Рынок специальных полимеров в России очень динамичен: предприятия могут закрывать «спящие» производства под госзаказ или, наоборот, сворачивать их из-за нерентабельности.

Современный синтез полиарилатов движется от опасных процессов к «зеленой» и безопасной химии, от стандартных материалов к высокофункциональным полимерам с заданным комплексом свойств (термо-, химстойкость, прозрачность, перерабатываемость). Основные драйверы – это запросы микроэлектроники, аэрокосмической отрасли, биомедицины и устойчивого развития. Учитывая большое количество доступных диоксисоединений и ароматических дикарбоновых кислот возможно создание множества полиарилатов и композиций с необычными свойствами.

Библиография

1. Виноградова С.В., Васнев В.А., Валецкий П.М. Полиарилаты. Получение и свойства. // Успехи химии. 1994. Т. 63, № 10. С. 885–904.
2. Родивилова Л.А. Полиарилаты – новые термостойкие полимеры // Пластические массы. Сборник трудов НИИ пластических масс. М.: Химия. 1970. С. 91–100.
3. Виноградова С.В., Васнев В.А., Выгодский Я.С. Кардовые полигетероарилены. Синтез, свойства и своеобразие // Успехи химии. – 1996. Т. 65, № 3. С. 266–295.
4. Polyarylate. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/polyarylate> (дата обращения 11.03.2026).
5. Polyarylate Market Analysis 2026 <https://www.cognitivemarketresearch.com/polyarylate-market-report>. (дата обращения 11.03.2026).
6. Полиарилат для электроники и не только: краткий патентный анализ. <https://habr.com/ru/companies/onlinepatent/articles/890288/> (дата обращения 11.03.2026).
7. Хараев А.М., Бажева Р.Ч., Чайка А.А. Термо- и огнестойкие полиэферы конструкционного и пленочного назначения. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2013. 138 с.
8. Bazheva R.C., Charaev A.M., Borodulin A.S., Kalinnikov A.N. Polymer composites based on halogen-containing oligoethers // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 1, Advances in Composite Science and Technologies. Moscow, 2019. P. 012051.
9. Буря А.И., Чигвинцева О.П., Сучилина-Соколенко С.П. Полиарилаты. Синтез, свойства, композиционные материалы. Днепропетровск: Наука и освіта, 2001. 152 с.
10. Виноградова С.В., Васнев В.А., Коршак В.В., Васильев А.В., Дубровина Л.В. Некоторые закономерности синтеза полиарилатов дихлордиана в присутствии триэтиламина // Высокомолекулярное соединение. 1971. Т. 13, № 4. С. 770–774.
11. Патент РФ № 2851590 С1, МПК C08L 71/00, C08J 5/22, B01D 67/00. Полимерный протонпроводящий композит и способ его получения / А.А. Беев, С.Ю. Хаширова, Д.А. Беева; заявитель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова». Опубл. 25.11.2025 г. Бюлл. № 33.
12. Патент РФ № 2556858 С2, МПК C08G 63/18, C08G 63/183, C08G 63/193. Способ получения полиарилатов / В.Е. Рыбин, Ю.Ф. Шумский, А.А. Меркин; ФКП «Завод имени Я.М. Свердлова». Опубл. 20.07.2015 г. Бюлл. № 20.
13. Патент РФ № 2671859 С1, МПК C08L 67/03, C08L 71/08. Тепло- и термостойкая полимерная композиция трибологического назначения / А.П. Краснов, А.Е. Сорокин, М.В. Горошков, Е.А. Шапошникова, С.Н. Салазкин, А.В. Наумкин; заявитель ФГБУН Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова (ИНЭОС РАН). Опубл. 07.11.2018 г. Бюлл. № 31.
14. Патент РФ № 2834962 С1, МПК C08G 63/183, C08G 63/78, C08G 63/81. Способ получения полиарилата / И.П. Сторожук, Д.П. Булкатов, В.С. Буряков, А.Н. Калинин, М.А. Орлов, С.В. Гришин;

заявитель ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана». Оpubл. 19.02.2025 г. Бюлл. № 5.

15. Патент РФ № 2830631 C1, МПК C08G 63/688, C08G 65/40, C08G 75/20. Способ получения полиарилат-полисульфоновых блок-сополимеров / И.П. Сторожук, Д.П. Булкатов, В.С. Буряков, А.Н. Калинин, М.А. Орлов, С.В. Гришин; заявитель ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана». Оpubл. 25.11.2024 г. Бюлл. № 33.

16. Патент РФ № 2834355 C1, МПК C04B 38/10, C04B 28/04, C04B 111/20. Сырьевая смесь для изготовления бетона / С.С. Мельников, С.А. Гнездилов, Ю.А. Троицкий, А.В. Троицкий, А.В. Куртов, А.И. Гальцев; заявитель Акционерное Общество «БетЭлТранс». Оpubл. 06.02.2025 г. Бюлл. № 4.

17. Патент РФ № 2293092 C1, МПК C08J 5/16, C09D 177/00, C10M 161/00. Композиционный триботехнический материал / В.Г. Мельников, В.В. Терентьев; заявитель: ГОУВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (ИГХТУ). Оpubл. 10.02.2007 г. Бюлл. № 4.

18. Патент РФ № 2565177 C1, МПК C08L 3/10. Эпоксидное связующее пленочного типа / Е.Н. Каблов, Л.В. Чурсова, А.Н. Бабин, Д.И. Коган, Н.Н. Панина, Я.М. Гуревич; ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» (ФГУП «ВИАМ»). Оpubл. 20.10.2015 г. Бюлл. № 29.

References

1. Vinogradova S.V., Vasnev V.A., Valetsky P.M. Polyarylate. Preparation and Properties // *Uspekhi khimii* = *Advances in Chemistry*. 1994;63(10): 885–904. (in Russ.).
2. Rodivilova L.A. Polyarylates – New Heat-Resistant Polymers // *Plastic Masses. Collection of Papers of the Research Institute of Plastic Masses*. Moscow.: Khimiya. 1970. Pp. 91–100. (in Russ.).
3. Vinogradova S.V., Vasnev V.A., Vygodsky Ya.S. Cardan Polyheteroarenes. Synthesis, Properties, and Peculiarities // *Uspekhi khimii* = *Advances in Chemistry*. 1996;65(3):266–295. (in Russ.).
4. Polyarylate. URL <https://sciedirect.com/topics/engineering/polyarylate/2026/03/11-t-isds-in-the-ttip.pdf>.
5. Polyarylate Market Analysis 2026 URL <https://www.cognitivemarketresearch.com/polyarylate-fiber-market-report/2026/03/11-t-isds-in-the-ttip.pdf>.
6. Polyarylates for Electronics and Beyond: A Brief Patent Analysis. URL <https://habr.com/ru/companies/onlinepatent/articles/890288/2026/03/11-t-isds-in-the-ttip.pdf>.
7. Kharayev A.M., Bazheva R.Ch., Chaika A.A. Thermal and fire-resistant polyethers for structural and film applications. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2013. 138 p. (in Russ.).
8. Bazheva R.C., Charaev A.M., Borodulin A.S., Kalinnikov A.N. Polymer composites based on halogen-containing oligoethers // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 1, Advances in Composite Science and Technologies*. Moscow, 2019. P. 012051.
9. Burya A.I., Chigvintseva O.P., Suchilina-Sokolenko S.P. Polyarylates. Synthesis, Properties, and Composite Materials. Dnepropetrovsk: Nauka i Osvita, 2001. 152 p. (in Russ.).
10. Vinogradova S.V., Vasnev V.A., Korshak V.V., Vasilyev A.V., Dubrovina L.V. Some regularities of the synthesis of polyarylates of dichlorodiane in the presence of triethylamine // *Vysokomolekulyarnye soedineniya A = Polymer Science, Series A*. 1971;13(4):770–774. (in Russ.).
11. Patent № 2851590 C1, Russian Federation, IPC C08L 71/00, C08J 5/22, B01D 67/00. Polymeric proton-conducting composite and method for its production / A.A. Beev, S.Yu. Khashirova, D.A. Beeva; applicant Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov. Published on 25.11.2025. Bull. no. 33.
12. Patent of the Russian Federation № 2556858 C2, IPC C08G 63/18, C08G 63/183, C08G 63/193. Method for producing polyarylates / V.E. Rybin, Yu.F. Shumsky, A.A. Merkin; FKP "Zavod imeni Ya.M. Sverdlova". Published on July 20, 2015. Bull. no. 20.
13. Patent № 2671859 C1, Russian Federation, IPC C08L 67/03, C08L 71/08. Heat- and thermostable polymer composition for tribological purposes / A.P. Krasnov, A.E. Sorokin, M.V. Goroshkov, E.A. Shaposhnikova, S.N. Salazkin, and A.V. Naumkin; applicant: A.N. Nesmeyanov Institute of Organometallic Compounds of the Russian Academy of Sciences (INEOS RAS). Published on 07.11.2018. Bull. no. 31.
14. Patent № 2834962 C1, Russian Federation, IPC C08G 63/183, C08G 63/78, C08G 63/81. Method for producing polyarylate / I.P. Storozhuk, D.P. Bulkatov, V.S. Buryakov, A.N. Kalinnikov, M.A. Orlov, and S.V. Grishin; applicant: Bauman Moscow State Technical University. Published on 19.02.2025. Bull. no. 5.

15. Patent № 2830631 C1, Russian Federation, IPC C08G 63/688, C08G 65/40, C08G 75/20. Method for producing polyarylate-polysulfone block copolymers: № 2024109103 / I.P. Storozhuk, D.P. Bulkatov, V.S. Buryakov, A.N. Kalinnikov, M.A. Orlov, and S.V. Grishin; applicant: Bauman Moscow State Technical University. Published on 25.11.2024. Bull. no. 33.

16. Patent № 2834355 C1, Russian Federation, IPC C04B 38/10, C04B 28/04, C04B 111/20. Raw material mixture for concrete production / S.S. Melnikov, S.A. Gnezdilov, Yu.A. Troitsky, A.V. Troitsky, A.V. Kurtov, and A.I. Galtsev; applicant: BetElTrans Joint Stock Company. Published on 06.02.2025. Bull. no. 4.

17. Patent № 2293092 C1, Russian Federation, IPC C08J 5/16, C09D 177/00, C10M 161/00. Composite Tribotechnical Material / V.G. Melnikov, V.V. Terentyev; Applicant: Ivanovo State University of Chemistry and Technology (ISUCT). Publ. 10.02.2007. Bull. no. 4.

18. Patent № 2565177 C1 Russian Federation, IPC C08L 3/10. Epoxy binder of film type / E.N. Kablov, L.V. Chursova, A.N. Babin, D.I. Kogan, N.N. Panina, Ya.M. Gurevich; FSUE "All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials" (FSUE "VIAM"). Published on 20.10.2015. Bull. no. 29.