

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТВОРА АЛКИЛЛИТИЯ

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к способу получения растворов алкиллиитиевых соединений используемых в качестве инициаторов анионной полимеризации и в различных органических реакциях.

Уровень техники к которой относится изобретение

Алкиллиитиевые соединения широко используются в качестве инициаторов полимеризации диенов и сополимеризации диенов с, например, винилароматическими соединениями.

В настоящее время в промышленности алкиллитий обычно получают путем плавления металлического лития, диспергирования полученного расплава лития в масле или парафине в инертной атмосфере при высокоскоростном перемешивании с последующей отмывкой полученных дисперсных частиц металлического лития от масла растворителем, который также является растворителем для стадии последующего синтеза алкиллития. Затем к полученной дисперсии металлического лития в растворителе добавляют алкилгалогенид с получением алкиллития. Такой способ раскрыт, например, в патенте RU 2691649 (Глуховской В. С., Блинов Е.В., Папков В.Н., Земский Д.Н., Степанов И.М., опубл. 17.06.2019), где металлический литий предварительно диспергируют в вазелиновом масле с последующей отмывкой нефрасом диспергированного лития от масла.

Основным недостатком данного способа является необходимость предварительного получения дисперсии металлического лития. Это трудоёмкий и дорогостоящий процесс, который требует высоких энергозатрат для осуществления плавления металлического лития, перемешивания полученного высоковязкого расплава с использованием мощных перемешивающих устройств, высокий расход органического растворителя для промывки полученной дисперсии от масла, а также затраты для разделения полученной эмульсии масла и растворителя. Кроме того, возможно наличие примесей в получаемом алкиллитии из-за неполной отмывки дисперсных частиц

лития от остатков масла, а также из-за протекания побочных реакций лития с примесями ароматических и непредельных соединений, которые могут содержаться в масле.

Также из уровня техники известно, что для повышения эффективности синтеза алкиллития предпочтительно использовать металлический литий в форме частиц с размером менее 300 мкм (документ US5332533, FMC Corporation, опубл. 26.07.1994). Это объясняется тем, что реакция алкилгалогенида с литием протекает в основном на поверхности металла, поэтому чем мельче частицы металла, тем больше удельная площадь поверхности и тем быстрее будет протекать реакция.

Так, в патенте RU 2095362 (Щербань Георгий Трофимович, опубл. 10.11.1997) раскрыт способ получения н-бутиллития, осуществляемый в среде углеводородного растворителя и в присутствии инертного газа взаимодействием н-бутилхлорида с дисперсией металлического лития с размером частиц от 5 до 300 мкм в реакторе при температуре от 0 до 60°C в первой стадии с последующей выдержкой реакционной массы при температуре от 65 до 90°C во второй стадии, отличающийся тем, что синтез н-бутиллития в первой стадии проводят при мольном отношении н-бутилхлорид:литий, равном 0,65–0,85 от стехиометрически необходимого, полученные продукты реакции подвергают сепарации, непрореагировавший литий подают вновь на синтез при том же соотношении компонентов, отделенный при сепарации раствор полученного н-бутиллития направляют на вторую стадию синтеза, которую завершают после добавления второй части раствора н-бутиллития и оставшегося количества н-бутилхлорида. Причем синтез в первой стадии осуществляют при непрерывной циркуляции реакционной массы через холодильник и н-бутилхлорид дозируют по отношению к литию с массовой скоростью 0,25–2,5 ч⁻¹ и вводят предпочтительно в точку с наименьшей температурой.

Основным недостатком раскрытого способа является сложность его практической реализации, а также возможность образования стойких суспензий побочного хлорида лития в растворе н-

бутиллития в описанных условиях длительного интенсивного механического перемешивания, в результате чего получаемый н-бутиллитий содержит большое количество неотделенного при фильтровании хлорида лития.

В патенте US7005083 (SQM Lithium Specialties Limited Partnership, опубл. 28.02.2006) заявлен способ получения алкиллития соединений в жидком углеводородном растворителе, выбранном из группы жидких насыщенных алифатических углеводородов с 5-12 атомами углерода, насыщенных жидких циклоалифатических углеводородов с 6-12 атомами углерода или их смесей, путем взаимодействия алкилгалогенидов с 3-16 атомами углерода с частицами металла размером менее 300 мкм (в качестве металла используют литий-натриевый сплав с содержанием натрия 15-34 масс.%). Данный способ позволяет получать алкиллитиевые соединения с высокой чистотой и с выходом по меньшей мере 90%. Недостатком указанного способа получения алкиллитиевых соединений является высокая пожаровзрывоопасность работы со сплавом натрия и лития, а также образование трудноразделяемой взвеси хлоридов лития и натрия от целевого продукта.

Известен способ получения алкиллития взаимодействием дисперсии лития с алкилгалогенидом в среде углеводородных растворителей с использованием металлического лития в виде дисперсии с размером частиц до 300 мкм, получаемой путем распыления аргоном расплавленного лития при температуре 200-230°C (US7326372, СНЕМЕТАЛЛ GMBH, опубл. 05.02.2008 г.). Недостатком указанного способа является необходимость использования сложного устройства по распылению лития при температуре 200-230°C.

Использование мелкодисперсных частиц лития обеспечивает полноту протекания реакции получения алкиллития, однако вызывает технологические проблемы, в частности, слишком мелкие частицы легко образуют корки на фильтрующем оборудовании, что приводит к частым остановам.

Еще одним немаловажным фактором является высокая пожароопасность при работе с мелкодисперсным литием.

В патенте US5523447 (FMC CORP, опубл. 04.06.1996 г.) раскрыт способ получения алкиллитиевых соединений взаимодействием металлического лития в виде кусков имеющих массу более 0,5 г с алкилхлоридом при мольном соотношении литий:алкилхлорид равном от 3:1 до 20:1 в среде углеводородного растворителя в инертной атмосфере при умеренном перемешивании или полном его отсутствии.

Недостатком указанного способа является высокое соотношение литий:алкилхлорид от 3:1 и выше. Также возможен унос непрореагировавшего лития из реактора с раствором, содержащим целевой продукт, и забивка им трубопроводов и арматуры.

Кроме того, при медленном или полном отсутствии перемешивания металлический литий быстро обрастает шламом – хлоридом лития и последующая промывка его свежим растворителем, как предложено в патенте, не позволяет полностью отмыть его от шлама. Также по мере протекания реакции на верхнем слое металлического лития образуется хлорид лития, в результате чего доступ бутилхлорида к незагрязненному металлическому литию затруднен, и преимущественно начинает протекать побочная реакция бутилхлорида и образовавшегося бутиллития с получением хлорида лития и октана.

Таким образом, актуальной остается разработка способа получения раствора алкиллития, который был бы лишен всех выше раскрытых проблем.

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является разработка эффективного способа получения раствора алкиллития с использованием металлического лития с относительно низкой удельной площадью поверхности при обеспечении высокого выхода алкиллития, причем лишенного всех вышеописанных недостатков

использования мелкодисперсных частиц металлического лития (лития с высокой удельной площадью поверхности).

Поставленная задача решается предоставлением способа получения раствора алкиллития, путем взаимодействия металлического лития с удельной площадью поверхности от 1 до $100 \text{ см}^2/\text{г}$, и алкилгалогенида в среде органического растворителя в условиях развитой турбулентности, причем мольное соотношение металлического лития к алкилгалогениду составляет от 2,5:1 до 5,5:1.

Под термином «развитая турбулентность» в контексте настоящего изобретения следует понимать режим течения реакционного потока при значении критерия Рейнольдса более 10 000, характеризующийся чрезвычайно нерегулярным, беспорядочным изменением скорости во времени в каждой точке реакционного потока.

Технический результат настоящего изобретения состоит в достижении выхода алкиллития свыше 90% при использовании металлического лития с удельной площадью поверхности от 1 до $100 \text{ см}^2/\text{г}$ и алкилгалогенида в среде органического растворителя в условиях развитой турбулентности при мольном соотношении металлического лития к алкилгалогениду от 2,5:1 до 5,5:1, что сопоставимо с выходом алкиллития при использовании мелкодисперсных частиц металлического лития (с большой удельной площадью поверхности).

Дополнительный технический результат настоящего изобретения состоит в сокращении стадийности способа получения раствора алкиллития ввиду отсутствия необходимости осуществления предварительного диспергирования металлического лития для получения мелкодисперсных частиц металлического лития, а также последующей их отмывки от дисперсионной среды (масла или парафина). Что также позволяет минимизировать потери металлического лития, которые могут возникнуть на каждой из этих стадий.

Дополнительный технический результат заключается в повышении взрывопожаробезопасности способа получения раствора алкиллития ввиду отсутствия необходимости использовать мелкодисперсные частицы металлического лития, которые имеют высокую пирофорность.

Кроме того, авторами настоящего изобретения неожиданно было обнаружено, что использование металлического лития с удельной площадью поверхности от 1 до 100 см²/г в условиях развитой турбулентности при мольном соотношении металлического лития к алкилгалогениду от 2,5:1 до 5,5:1 позволяет проводить синтез алкиллития при достижении выхода алкиллития свыше 90% без значительного увеличения времени реакции по сравнению с использованием мелкодисперсных частиц металлического лития.

Подробное описание изобретения

Далее приводится подробное описание различных аспектов и вариантов реализации настоящего изобретения.

В настоящем изобретении заявлен способ получения раствора алкиллития путем взаимодействия металлического лития удельной площадью поверхности от 1 до 100 см²/г, предпочтительно от 5 до 70 см²/г, наиболее предпочтительно от 10 до 30 см²/г и алкилгалогенида в среде органического растворителя в условиях развитой турбулентности, причем мольное соотношение металлического лития к алкилгалогениду может составлять от 2,5:1 до 5,5:1, предпочтительно от 2,5:1 до 5:1, более предпочтительно от 3:1 до 4,5:1.

Металлический литий может быть использован в любом виде, например, в виде кусков, цилиндров, массой от 0,05 до 1 г, предпочтительно от 0,08 до 0,8 г, наиболее предпочтительно от 0,1 до 0,5 г.

Удельная площадь поверхности используемого металлического лития может быть определена любым известным из уровня техники способом, как расчетным, так и экспериментальным, например, низкотемпературной адсорбцией азота по методу Брунауэра-Эмметта-Теллера (БЭТ). Расчетный метод исходит из

геометрических представлений о форме и размере металлического лития. Так, например, удельная площадь поверхности металлического лития в виде цилиндра может быть определена по формуле $2\pi rh + 2\pi r^2$, где h – высота цилиндра, r – диаметр цилиндра, отнесенная к массе цилиндра.

Содержание натрия в металлическом литии может варьироваться от 50 до 2000 ppm, предпочтительно от 100 до 1500 ppm, предпочтительно от 150 до 1000 ppm, более предпочтительно от 250 до 500 ppm.

В качестве алкилгалогенида могут быть использованы хлориды, бромиды или йодиды, но наиболее предпочтительно хлориды. Алкилхлорид может представлять собой, но не ограничивается ими: метилхлорид, этилхлорид, н-пропилхлорид, н-бутилхлорид, втор-бутилхлорид, трет-бутилхлорид и н-гексилхлорид. Предпочтительно н-бутилхлорид, втор-бутилхлорид или трет-бутилхлорид.

Подходящими органическими растворителями являются, но не ограничиваются ими: C5-C7-алканы, например, н-гексан, н-гептан; циклоалканы, например, циклогексан; или их смеси в различном соотношении, такие как нефрас, петролейный эфир. Предпочтительно используют гексан, циклогексан или нефрас, наиболее предпочтительно гексан и нефрас, например, нефрас П1 63/75 представляющий собой гексан-гептановую фракцию.

Скорость дозирования необходимого количества алкилгалогенида к металлическому литию в органическом растворителе может быть любой и подбирается таким образом, чтобы температура синтеза алкиллития не превышала 75°C, предпочтительно составляла от 50 до 73°C, более предпочтительно от 60 до 70°C. Если температура будет превышать 75°C, возможно преимущественное протекание побочной реакции образования хлорида лития.

Время синтеза алкиллития может быть любым временем, достаточным для достижения нулевого содержания алкилгалогенида в реакционной массе. В предпочтительном варианте

осуществления, время синтеза алкиллития может составлять до 24 часов, предпочтительно до 18 часов, наиболее предпочтительно до 10 часов.

После завершения дозирования реакционная масса выдерживается от 2 до 8 часов, предпочтительно от 4 до 8 часов при температуре от 55 до 85°C, предпочтительно от 65 до 75°C.

Тип перемешивающего устройства и скорость перемешивания не являются существенными при реализации настоящего способа, могут быть любыми до тех пор, пока обеспечивается скорость диссипации энергии турбулентности (ε) в диапазоне от 0,01 до 0,3 м²/с³, предпочтительно от 0,02 до 0,2 м²/с³, более предпочтительно от 0,03 до 0,1 м²/с³. При поддержании скорости диссипации энергии турбулентности (ε) в заданном диапазоне удается обеспечить требуемые условия развитой турбулентности течения реакционной массы в реакторе, что позволяет предотвратить налипание шлама хлорида лития на поверхность металлического лития и, как следствие, обеспечить эффективное взаимодействие металлического лития и алкилгалогенида. При скорости диссипации энергии (ε) свыше 0,3 м²/с³ возможно снижение выхода алкиллития ввиду того, что смесь растворителя и алкилгалогенида преимущественно распределена около стенок реактора и слабо взаимодействует с металлическим литием, кроме того возможно возникновение отдельных контуров циркуляции реакционной массы, которые также слабо взаимодействуют друг с другом.

Время перемешивания соответствует суммарному времени дозирования и времени выдерживания реакционной массы после завершения дозирования алкилгалогенида.

Способ получения раствора алкиллития необходимо осуществлять в реакторе из материала, инертного к используемым в процессе получения раствора алкиллития веществам. В частности, способ получения раствора алкиллития можно осуществлять в титановом реакторе, реакторе из нержавеющей стали или эмалированном реакторе.

Полученный в результате синтеза раствор алкиллития подвергают фильтрованию для очистки его от шлама хлорида лития, причем содержание шлама хлорида лития в растворе алкиллития не должно превышать 0,4%, предпочтительно шлам должен полностью отсутствовать. Фильтрование можно осуществлять при любой температуре, предпочтительно при температуре от 20 до 40°C, более предпочтительно от 20 до 30°C с использованием любых известных из уровня техники фильтровальных устройств, например, фильтров с пористыми фильтровальными перегородками, нутч-фильтров, предпочтительно использовать нутч-фильтры.

Отфильтрованный раствор алкиллития может быть дополнительно разбавлен органическим растворителем для получения требуемой концентрации для последующего использования его в качестве инициатора в процессах полимеризации диенов и сополимеризации диенов с, например, винилароматическими соединениями, а также для приведения в соответствие с правилами перевозки опасных грузов (ДОПОГ). В частности, н-бутиллитий в виде раствора с концентрацией от 15 до 90% по н-бутилитию относится к классу веществ, способных к самовозгоранию (класс 4.2), и потому транспортируется только в соответствии с ДОПОГ.

Полученный в соответствии со способом по настоящему изобретению алкиллитий может представлять собой, но не ограничивается ими, пропиллитий, бутиллитий, амиллитий, гексиллитий, предпочтительно бутиллитий.

Осуществление изобретения

Пример 1 (сравнительный)

В реактор объемом 5 л добавляли 151,5 г лития и 2 кг нефраса (П1 63/75). Литий использовали в виде дисперсии с удельной площадью поверхности 293 см²/г. Содержимое реактора нагревали до 60°C, после чего в течении 7 ч при 300 об/мин дозировали 1 кг н-бутилхлорида таким образом, чтобы температура реакции не превышала 70°C. Мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 2,02:1. По окончании

дозирования н-бутилхлорида реакционную массу выдерживали в течении 8 часов при температуре 65°C. Выход н-бутиллития составил 99,2 %.

Пример 2 (сравнительный)

В реактор объёмом 5 л добавляли 151,5 г лития и 2 кг нефраса (П1 63/75). Литий использовали в виде цилиндров с размерами 6x12 мм и удельной площадью поверхности 15,6 см²/г, определенной расчетным методом. Содержимое реактора нагревали до 60°C, после чего в течении 7 ч при перемешивании 300 об/мин (соответствует ε равной 0,05 м²/с³) дозировали 1 кг н-бутилхлорида таким образом, чтобы температура реакции не превышала 70°C. Мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 2,02:1. По окончании дозирования н-бутилхлорида реакционную массу выдерживали в течении 8 часов при температуре 65°C. Выход н-бутиллития составил 66,7 %.

Пример 3 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 2 с тем отличием, что мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 3:1. Выход н-бутиллития составил 95,2 %.

Пример 4 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 3 с тем отличием, что скорость перемешивания составила 500 об/мин (соответствует ε равной 0,15 м²/с³). Выход н-бутиллития составил 97,2 %.

Пример 5 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 2 с тем отличием, что мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 4:1. Выход н-бутиллития составил 99,3 %.

Пример 6 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 5 с тем отличием, что скорость перемешивания составила 500 об/мин (соответствует ε равной 0,15 м²/с³). Выход н-бутиллития составил 99,4 %.

Пример 7 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 5 с тем отличием, что скорость перемешивания составила 600 об/мин (соответствует ε равной $0,28 \text{ м}^2/\text{с}^3$). Выход н-бутиллития составил 99,4 %.

Пример 8 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 2 с тем отличием, что мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 4,5:1. Выход н-бутиллития составил 99,2 %.

Пример 9 (по изобретению)

В реактор объёмом 5 л добавляли 225 г лития и 2 кг нефраса (П1 63/75). Литий использовали в виде таблеток с размерами 10x5 мм и удельной площадью поверхности $15 \text{ см}^2/\text{г}$, определенной расчетным методом. Содержимое реактора нагревали до 60°C , после чего в течении 7 ч при перемешивании 300 об/мин (соответствует ε равной $0,05 \text{ м}^2/\text{с}^3$) дозировали 1 кг н-бутилхлорида таким образом, чтобы температура реакции не превышала 70°C . Мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 3:1. По окончании дозирования н-бутилхлорида реакционную массу выдерживали в течении 8 часов при температуре 65°C . Выход н-бутиллития составил 94,6 %.

Пример 10 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 9 с тем отличием, что мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 4,5:1. Выход н-бутиллития составил 99,2 %.

Пример 11 (сравнительный)

В реактор объёмом 5 л добавляли 300 г лития и 2 кг нефраса (П1 63/75). Литий использовали в виде кусков с удельной площадью поверхности $6,3 \text{ см}^2/\text{г}$, определенной расчетным методом. Содержимое реактора нагревали до 60°C , после чего в течении 7 ч при перемешивании 150 об/мин (соответствует ε равной $0,006 \text{ м}^2/\text{с}^3$) дозировали 1 кг н-бутилхлорида таким образом, чтобы температура реакции не превышала 70°C . Мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 4:1. По окончании дозирования

н-бутилхлорида реакционную массу выдерживали в течении 8 часов при температуре 65°C. Выход н-бутиллития составил 67,8 %.

Пример 12 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 11 с тем отличием, что скорость перемешивания составила 300 об/мин (соответствует ε равной 0,05 м²/с³). Выход н-бутиллития составил 90,3 %.

Пример 13 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 11 с тем отличием, что скорость перемешивания составила 500 об/мин (соответствует ε равной 0,15 м²/с³). Выход н-бутиллития составил 92,4 %.

Пример 14 (по изобретению)

В реактор объемом 5 л добавляли 225 г лития и 2 кг нефраса (П1 63/75). Литий использовали в виде цилиндров с размерами 6х6мм и удельной площадью поверхности 25,7 см²/г, определенной расчетным методом. Содержимое реактора нагревали до 60°C, после чего в течении 7 ч при перемешивании 150 об/мин (соответствует ε равной 0,006 м²/с³) дозировали 1 кг н-бутилхлорида таким образом, чтобы температура реакции не превышала 70°C. Мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 3:1. По окончании дозирования н-бутилхлорида реакционную массу выдерживали в течении 8 часов при температуре 65°C. Выход н-бутиллития составил 92,5 %.

Пример 15 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 14 с тем отличием, что скорость перемешивания составила 300 об/мин (соответствует ε равной 0,05 м²/с³). Выход н-бутиллития составил 97,3 %.

Пример 16 (по изобретению)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 14 с тем отличием, что скорость перемешивания составила 600 об/мин (соответствует ε равной 0,28 м²/с³). Выход н-бутиллития составил 99,3 %.

Пример 17 (сравнительный)

В реактор объемом 5 л добавляли 225 г лития и 2 кг нефраса (П1 63/75). Литий использовали в виде кусков с удельной площадью поверхности $0,42 \text{ см}^2/\text{г}$, определенной расчетным методом. Содержимое реактора нагревали до 60°C , после чего в течении 7 ч при перемешивании 300 об/мин (соответствует ε равной $0,05 \text{ м}^2/\text{с}^3$) дозировали 1 кг н-бутилхлорида таким образом, чтобы температура реакции не превышала 70°C . Мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 3:1. По окончании дозирования н-бутилхлорида реакционную массу выдерживали в течении 8 часов при температуре 65°C . Выход н-бутиллития составил 61,3 %.

Пример 18 (сравнительный)

Получение н-бутиллития осуществляли аналогично Примеру 17 с тем отличием, что скорость перемешивания составила 800 об/мин (соответствует ε равной $0,6 \text{ м}^2/\text{с}^3$). Выход н-бутиллития составил 63 %.

Пример 19 (по изобретению)

В реактор объемом 5 л добавляли 300 г лития и 2 кг нефраса (П1 63/75). Литий использовали в виде ленты ($0,4 \times 25 \times 80 \text{ мм}$) с удельной площадью поверхности $96,3 \text{ см}^2/\text{г}$, определенной расчетным методом. Содержимое реактора нагревали до 60°C , после чего в течении 7 ч при перемешивании 300 об/мин (соответствует ε равной $0,05 \text{ м}^2/\text{с}^3$) дозировали 1 кг н-бутилхлорида таким образом, чтобы температура реакции не превышала 70°C . Мольное соотношение лития к н-бутилхлориду составило 4:1. По окончании дозирования н-бутилхлорида реакционную массу выдерживали в течении 8 часов при температуре 65°C . Выход н-бутиллития составил 99,2 %.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения алкиллития путем взаимодействия металлического лития с удельной площадью поверхности от 1 до 100 см²/г, и алкилгалогенида в среде органического растворителя в условиях развитой турбулентности, причем мольное соотношение металлического лития к алкилгалогениду составляет от 2,5:1 до 5,5:1.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что используют металлический литий с удельной площадью поверхности от 5 до 70 см²/г, предпочтительно от 10 до 30 см²/г.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что в качестве алкилгалогенида используют алкилхлорид, алкилбромид или алкилиодид, предпочтительно алкилхлорид.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что в качестве алкилхлорида используют метилхлорид, этилхлорид, н-пропилхлорид, н-бутилхлорид, втор-бутилхлорид, трет-бутилхлорид и н-гексилхлорид, предпочтительно н-бутилхлорид, втор-бутилхлорид или трет-бутилхлорид.

5. Способ по любому из пп. 1-4, отличающийся тем, что взаимодействие металлического лития и алкилгалогенида осуществляют при скорости диссипации энергии турбулентности (E) от 0,01 до 0,3 м²/с³, предпочтительно от 0,02 до 0,2 м²/с³, более предпочтительно от 0,03 до 0,1 м²/с³.

6. Способ по любому из пп. 1-5, отличающийся тем, что мольное соотношение металлического лития к алкилгалогениду составляет от 2,5:1 до 5:1, предпочтительно от 3:1 до 4,5:1.

7. Способ по любому из пп. 1-6, отличающийся тем, что в качестве органического растворителя используют C5-C7 алкан, например, н-гексан, н-гептан; циклоалкан, например, циклогексан; или их смесь в различном соотношении, такие как нефрас, петролейный эфир.

8. Способ по п. 7, отличающийся тем, что в качестве органического растворителя используют гексан, циклогексан или нефрас, предпочтительно гексан и нефрас.

9. Способ по любому из пп. 1-8, отличающийся тем, что дозирование алкилгалогенида к металлическому литию в органическом растворителе осуществляют таким образом, чтобы температура синтеза алкиллития не превышала 75°C, предпочтительно составляла от 50 до 73°C, более предпочтительно от 60 до 70°C.