



(51) МПК  
*C07C 253/10* (2006.01)  
*C07C 255/04* (2006.01)  
*B01J 31/18* (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2010135535/04, 12.01.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 12.01.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
 25.01.2008 FR 0800381

(43) Дата публикации заявки: 27.02.2012 Бюл. № 6

(45) Опубликовано: 10.10.2012 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
 поиске: DE 10314761 A1, 14.10.2004. US 3864380  
 A, 04.02.1975. RU 2127724 C1, 20.03.1999.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
 национальной фазе: 25.08.2010

(86) Заявка РСТ:  
 EP 2009/050265 (12.01.2009)

(87) Публикация заявки РСТ:  
 WO 2009/092639 (30.07.2009)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,  
 ООО "Юридическая фирма Городиский и  
 Партнеры", Е.Е.Назиной

(72) Автор(ы):

**МАСТРОЯННИ Серджо (FR)**

(73) Патентообладатель(и):

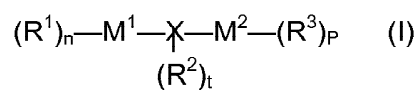
**РОДИА ОПЕРАСЬОН (FR)**

**(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ НИТРИЛЬНЫЕ  
 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу получения соединений, содержащих по меньшей мере одну нитрильную функциональную группу, путем гидроцианирования органического соединения, содержащего от 2 до 20 атомов углерода и по меньшей мере одну несопряженную ненасыщенную связь, по реакции с цианидом водорода в присутствии каталитической системы. В состав каталитической системы входят комплекс никеля в степени окисления ноль по меньшей мере с одним фосфорорганическим лигандом, выбранным из

группы, содержащей органофосфиты, органофосфониты, органофосфиниты и органофосфины, и сокатализатор. Способ характеризуется тем, что сокатализатор представляет собой металлоорганическое соединение, соответствующее общей формуле



. В формуле (I)  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$  представляют собой алкильные радикалы, содержащие от 1 до 6

атомов углерода, замещенные или незамещенные фенильные радикалы или атомы галогена;  $M^1$  и  $M^2$ , одинаковые или различные, представляют собой элементы валентности  $m^1$  и  $m^2$  соответственно, выбранные из группы, содержащей цинк, бор, алюминий, кадмий, галлий, индий и олово, причем  $M^1$  и  $M^2$  не могут одновременно

представлять собой бор; X представляет собой элемент валентности  $x$ , выбранный из группы, содержащей кислород, углерод, азот, кремний, серу и фосфор;  $n$  - целое число, равное  $m^1-1$ ;  $p$  - целое число, равное  $m^2-1$ ;  $t$  - целое число, равное  $x-2$ . Способ позволяет достигнуть приемлемых значений степени линейности получаемых нитрилов. 7 з.п. ф-лы, 2 табл., 16 пр.

R U 2 4 6 3 2 9 3 C 2

R U 2 4 6 3 2 9 3 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C07C 253/10* (2006.01)  
*C07C 255/04* (2006.01)  
*B01J 31/18* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2010135535/04, 12.01.2009**(24) Effective date for property rights:  
**12.01.2009**

Priority:

(30) Convention priority:  
**25.01.2008 FR 0800381**(43) Application published: **27.02.2012 Bull. 6**(45) Date of publication: **10.10.2012 Bull. 28**(85) Commencement of national phase: **25.08.2010**(86) PCT application:  
**EP 2009/050265 (12.01.2009)**(87) PCT publication:  
**WO 2009/092639 (30.07.2009)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO  
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",  
E.E.Nazinoj**

(72) Inventor(s):

**MASTROJANNI Serdzo (FR)**

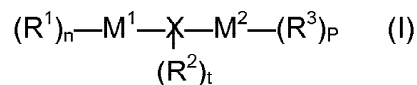
(73) Proprietor(s):

**RODIA OPERAS'ON (FR)****(54) METHOD OF PRODUCING COMPOUNDS CONTAINING NITRILE FUNCTIONAL GROUPS**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to a method of producing compounds which contain at least one nitrile functional group via hydrocyanation of an organic compound containing 2-20 carbon atoms and at least one unconjugated unsaturated bond, on a reaction with hydrogen cyanide in the presence of a catalyst system. The catalyst system contains a complex of nickel in zero oxidation state with at least one organophosphorus ligand selected from a group comprising organophosphites, organophosphonites, organophosphinites and organophosphines, and a cocatalyst. The method is characterised by that the cocatalyst is an organometallic compound of general formula



(I). In formula (I)  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$  are alkyl radicals containing 1-6 carbon atoms, substituted or unsubstituted phenyl radicals or halogen atoms;  $M^1$  and  $M^2$ , identical or different, denote elements with valence  $m^1$  and  $m^2$ , respectively, selected from a group comprising zinc, boron, aluminium, cadmium, gallium, indium and tin, wherein  $M^1$  and  $M^2$  cannot be boron at the same time; X is an element with valence x, selected from a group comprising oxygen, carbon, nitrogen, silicon, sulphur and phosphorus; n is an integer equal to  $m^1-1$ ; p is an integer equal to  $m^2-1$ ; t is an integer equal to  $x-2$ .

EFFECT: method enables to achieve acceptable

R U 2 4 6 3 2 9 3 C 2

R U 2 4 6 3 2 9 3 C 2

Настоящее изобретение относится к способу получения соединений, содержащих по меньшей мере одну нитрильную функциональную группу, путем гидроцианирования соединения, содержащего по меньшей мере одну несопряженную ненасыщенную связь.

5 В частности, настоящее изобретение относится к способу получения с применением реакции цианида водорода с органическим соединением, содержащим несопряженную ненасыщенную связь, в присутствии каталитической системы, содержащей комплекс никеля в степени окисления ноль (называемого далее Ni(0)) по меньшей мере с одним фосфорорганическим лигандом, и сокатализатор, принадлежащий к семейству кислот Льюиса.

10 Подобные способы известны в течение многих лет и используются в промышленности, в частности, в производстве адипонитрила, являющегося важнейшим промежуточным веществом для синтеза химических продуктов. Данное соединение, в частности, применяют при получении гексаметилендиамина, представляющего собой важный мономер, используемый при получении полиамидов, а также промежуточное вещество при синтезе диизоцианатных соединений.

15 Так, компания DU PONT DE NEMOURS разработала и применила способ получения адипонитрила путем двойного гидроцианирования бутадиена. Данная реакция обычно катализируется каталитической системой, содержащей комплекс никеля(0) с фосфорорганическими лигандами. Подобная система также содержит сокатализатор, действующий, в частности, на второй стадии гидроцианирования, т.е. гидроцианирования ненасыщенных соединений, содержащих нитрильную функциональную группу, например, пентеннитрилов, до динитрильных соединений.

20 В патентах были предложены многие сокатализаторы, обычно представляющие собой соединения, принадлежащие к семейству кислот Льюиса. Роль подобного сокатализатора или промотора состоит в ограничении образования побочных продуктов и в благоприятствовании образованию линейных динитрильных соединений относительно образования разветвленных динитрилов.

25 Так, ранее, например, в патенте US 3496217 были описаны многие галогениды металлов, в том числе хлорид цинка, бромид цинка, хлорид олова(II), бромид олова(II). Предпочтительным сокатализатором является хлорид цинка.

30 Также были предложены органические соединения бора, например трифенилбор или соединения, содержащие два атома бора, подобные описанным в патентах US 3864380 и US 3496218, или органические соединения олова, например, в патенте US 4874884.

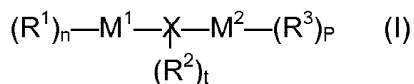
35 Подобные сокатализаторы обладают различными свойствами и обеспечивают возможность получения различных значений селективности по линейным динитрилам, в том числе по адипонитрилу. Некоторые из данных сокатализаторов обладают недостатками, связанными с трудностью их извлечения из реакционной среды или с возможностью и степенью сложности извлечения каталитической системы либо лиганда, связанного с никелем(0), в присутствии данного сокатализатора с целью повторного применения.

40 В настоящее время сохраняется необходимость в нахождении новых сокатализаторов, обеспечивающих возможность достижения приемлемых значений селективности по линейным динитрилам и отличающихся простотой применения.

45 Одной из целей настоящего изобретения является разработка нового семейства совместимых сокатализаторов, обладающих значениями селективности по адипонитрилу, допустимыми для реакции гидроцианирования пентеннитрилов.

В этой связи в настоящем изобретении предложен способ получения соединений,

содержащих по меньшей мере одну нитрильную функциональную группу, путем гидроцианирования органического соединения, содержащего по меньшей мере одну несопряженную ненасыщенную связь и от 2 до 20 атомов углерода, по реакции с  
 5 комплекс никеля в степени окисления ноль по меньшей мере с одним фосфорорганическим лигандом, выбранным из группы, содержащей органофосфиты, органофосфониты, органофосфиниты и органофосфины, и сокатализатор, причем способ отличается тем, что сокатализатор представляет собой металлоорганическое  
 10 соединение, соответствующее общей формуле I:



15

в которой

$R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ , одинаковые или различные, представляют собой разветвленный или неразветвленный органический алифатический радикал, замещенный или  
 20 незамещенный ароматический или алициклический радикал или атом галогена,

20

$M^1$  и  $M^2$ , одинаковые или различные, представляют собой элементы валентности  $m^1$  и  $m^2$  соответственно, выбранные из группы, содержащей цинк, бор, алюминий, кадмий, галлий, индий и олово, причем  $M^1$  и  $M^2$  не могут одновременно представлять собой бор,  
 25

25

$X$  представляет собой элемент валентности  $x$ , выбранный из группы, содержащей кислород, углерод, азот, кремний, серу и фосфор,

$n$  - целое число, равное  $m^1-1$ ,

$p$  - целое число, равное  $m^2-1$ ,

30

$t$  - целое число, равное  $x-2$ .

Согласно предпочтительному варианту осуществления элементы  $M^1$  и  $M^2$  являются выбранными из группы, содержащей бор, алюминий и цинк.

35

Предпочтительно  $M^2$  представляет собой алюминий или цинк,  $M^1$  представляет собой бор или алюминий. В еще более предпочтительном варианте осуществления  $M^2$  представляет собой алюминий или цинк,  $M^1$  представляет собой бор или алюминий,  $X$  представляет собой кислород.

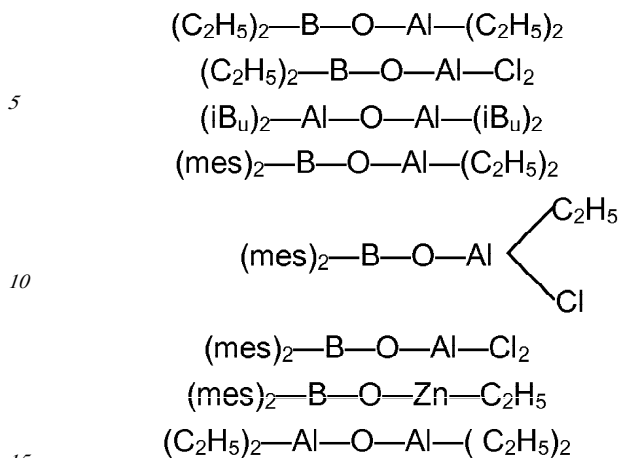
40

Согласно другому отличительному признаку изобретения радикалы  $R^1$  и  $R^3$  представляют собой линейные или разветвленные алкильные радикалы, содержащие от 1 до 6 атомов углерода, замещенные или незамещенные фенильные радикалы или атомы галогена, предпочтительно хлора.

Соединения, пригодные для применения в качестве катализаторов в способах гидроцианирования, представляют собой, например:

45

50



в которых

iBu представляет собой изобутильный радикал,

mes представляет собой мезитильную (2,4,6-триметилфенильную) группу.

20 В соответствии с изобретением соединения, применяемые в качестве катализаторов, могут существовать в виде свободных молекул или в связанной форме в виде димеров, тримеров или тетрамеров, образованных с участием нековалентных связей, в том числе дативных связей.

25 В качестве примера можно привести соединение  $(\text{mes})_2\text{—B—O—Al—}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ , обычно существующее в димерной форме  $[(\mu\text{-mes})_2\text{—B—O—Al—}(\text{C}_2\text{H}_5)_2]_2$ . Для большей ясности в настоящем описании ссылка производится только на простую молекулу каждого соединения, что не ограничивает объема настоящего изобретения подобной простой формой.

30 В предпочтительном варианте осуществления каталитическая система по изобретению содержит сокатализатор по изобретению при мольном отношении количества сокатализатора к числу атомов никеля, лежащем в интервале от 0,01 до 50, предпочтительно от 0,1 до 10.

35 Сокатализаторы по изобретению представляют собой соединения, описанные в литературе; также описаны способы их получения. В качестве примера работ, описывающих способы получения подобных соединений, можно назвать работы J. Serwatowski et al., опубликованные в *Inorganic Chemistry*, 1999, 38, 4937, и в *Inorganic Chemistry*, 2000, 39, 5763, и работу V.G. Gibson et al., опубликованную в *Inorganic Chemistry*, 2001, 40, 826.

Примеры получения подобных соединений приведены ниже.

45 Каталитическая система по изобретению содержит комплекс никеля(0) по меньшей мере с одним фосфорорганическим соединением, предпочтительно с монодентатным соединением, например трифенилфосфитом или тритолилфосфитом, описанный, например, в US 3496215, DE 19953058, FR 1529134, FR 2069411, US 3631191, US 3766231, FR 2523974, или с бидентатным соединением, например, с органофосфитами, описанный в WO 9906355, WO 9906356, WO 9906357, WO 9906358, WO 9952632, WO 9965506, WO 9962855, US 5693843, WO 961182, WO 9622968, US 5981772, WO 0136429, 50 WO 9964155, WO 0213964, US 6127567.

Также возможно применение комплексов никеля(0) с монодентатными или бидентатными органофосфиновыми соединениями, подобных описанным в документах WO 02/30854, WO 02/053527, WO 03/068729, WO 04/007435, WO 04/007432,

FR 2845379, WO 2004/060855, в особенности комплекса с DPPX, описанного в публикации WO2003031392.

Кроме того, каталитическая система по изобретению может содержать комплекс никеля(0) с монодентатными или бидентатными фосфорорганическими соединениями, принадлежащими к семействам органофосфонитов или органофосфинитов.

Также возможно применение сокатализаторов по изобретению совместно с комплексом никеля(0), полученным с применением смеси монодентатного органофосфитного лиганда и бидентатного лиганда, выбранного среди семейств соединений, относящихся к органофосфитам, органофосфонитам, органофосфинитам или органофосфинам, подобным описанному в WO 03011457 и WO 2004/065352.

Описание способа гидроцианирования приведено во многих патентах, в том числе в упомянутых выше, а также в работах С.А. Tolman, опубликованных в *Organometallics*, 3 (1984), 33 et s, *Advances in Catalysis* (1985), 33, 1, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* (1991), 1292 et (1991), 803.

В общих чертах способ получения соединений, содержащих по меньшей мере одну нитрильную функциональную группу, в частности динитрильных соединений наподобие адипонитрила, состоит в осуществлении на первой стадии реакции диолефина, например 1,3-бутадиена, с цианидом водорода, обычно в отсутствие растворителя и в присутствии каталитической системы. Реакцию проводят под давлением с целью ее осуществления в жидкой среде. Ненасыщенные нитрильные соединения разделяют путем последовательной перегонки. Линейные нитрильные соединения, например пентеннитрилы, поступают на вторую стадию гидроцианирования.

Нелинейные ненасыщенные нитрилы, полученные на первой стадии, предпочтительно направляют на стадию изомеризации с целью их превращения в линейные ненасыщенные нитрилы, которые также поступают на вторую стадию гидроцианирования.

На второй стадии гидроцианирования линейные ненасыщенные нитрилы вступают в реакцию с цианидом водорода в присутствии каталитической системы.

Образующиеся динитрильные соединения разделяют путем последовательной перегонки после извлечения каталитической системы из реакционной среды. Описаны многие способы извлечения каталитической системы, например, в US 3773809, 4082811, 4339395 и 5847191. Обычно каталитическая система может быть отделена от реакционной среды путем разделения на две фазы и декантации, что достигается путем контроля отношения между мононитрильными соединениями и динитрильными соединениями, содержащимися в среде. Упомянутое разделение может быть улучшено путем добавления аммиака. Также возможно осаждение каталитической системы с целью ее рекуперации и повторного применения или применение неполярного растворителя с целью экстракции каталитической системы и ее отделения от нитрильных продуктов.

Температура различных упомянутых стадий лежит в интервале от 10 до 200°C.

Каталитические системы, применяемые на первой и второй стадиях гидроцианирования, а также на стадии изомеризации, обычно являются сходными, т.е. содержат один и тот же комплекс никеля(0). Однако отношение между числом атомов никеля и числом молекул лиганда, как и концентрация каталитической системы в среде, для каждой стадии могут быть различными.

Сокатализатор предпочтительно присутствует только в каталитической системе, применяемой на второй стадии гидроцианирования. Однако он также может

присутствовать на стадии изомеризации.

Физико-химические и эксплуатационные характеристики способа и, следовательно, применяемой каталитической системы определяются и описываются степенью превращения (ТТ) введенного в реакцию соединения, в частности ненасыщенного мононитрила, поступающего на вторую стадию, и степенью линейности полученных линейных динитрилов, т.е. количеством вещества линейных динитрилов по отношению к количеству вещества образующихся динитрилов. В случае получения адипонитрила степень линейности соответствует мольному процентному отношению количества полученного адипонитрила (AdN) к количеству вещества образующихся динитрилов (AdN + ESN + MGN).

Настоящее изобретение становится более понятным из примеров, приведенных далее исключительно в качестве иллюстрации и относящихся к получению адипонитрила путем гидроцианирования 3-пентеннитрила. В данных примерах 3-пентеннитрил представляет собой коммерчески доступное соединение.

В упомянутых примерах применяются следующие сокращения:

Cod - циклооктадиен;

3PN - 3-пентеннитрил;

AdN - адипонитрил;

ESN - этилсукцинонитрил;

MGN - метилглутаронитрил;

TTP - три-пара-толилфосфит;

TEA - триэтилалюминий;

DEAC - диэтилалюминийхлорид;

EADC - этилалюминийдихлорид;

TiBAO - тетраизобутилдиалюмоксан;

mes - мезитильная (2,4,6-триметилфенильная) группа;

Et - этильная группа;

iBu - изобутильная группа;

Ph - фенильная группа;

DPPX - бис(дифенилфосфинометил)-1,2-бензол;

ТТ(Y) - степень превращения продукта Y, поступающего на гидроцианирование, соответствующая отношению количества вещества Y, подвергнутого превращению, к исходному количеству вещества Y;

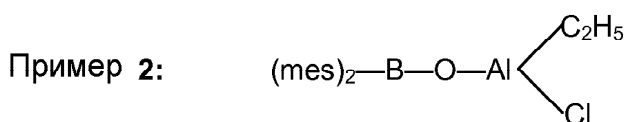
степень линейности (L) - отношение образовавшегося количества вещества AdN к количеству вещества образовавшихся динитрилов (сумме количеств AdN, ESN и MGN в молях).

#### **Синтез сокаталитических соединений формулы I**

Синтезы различных соединений осуществляли в соответствии со способами, описанными в упомянутых выше работах, опубликованных в журнале *Inorganic Chemistry*. Синтезы проводили в атмосфере аргона.

#### **Пример 1. Синтез (mes)<sub>2</sub>-B-O-Al-(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>**

179 мг одномолярного раствора ТЕА в гексане быстро и при перемешивании добавляли к раствору димезитилбориновой кислоты (68 мг) в безводном толуоле (1 мл). Смесь перемешивали, поддерживая постоянную температуру, в течение 30 мин и затем полностью использовали в качестве катализатора в эксперименте по гидроцианированию.



175 мг одномолярного раствора DEAC в гексане быстро и при перемешивании добавляли к раствору димезитилбориновой кислоты (66 мг) в безводном толуоле (1 мл). Смесь перемешивали, поддерживая постоянную температуру, в течение 30 мин и затем полностью использовали в качестве катализатора в эксперименте по гидроцианированию.

**Пример 3.  $(mes)_2-B-O-Al-Cl_2$**

182 мг одномолярного раствора EADC в гексане быстро и при перемешивании добавляли к раствору димезитилбориновой кислоты (68 мг) в безводном толуоле (1 мл). Смесь перемешивали, поддерживая постоянную температуру, в течение 30 мин и затем полностью использовали в качестве катализатора в эксперименте по гидроцианированию.

**Пример 4.  $(mes)_2-B-O-Zn-C_2H_5$**

221 мг 1,1-молярного раствора  $ZnEt_2$  в толуоле быстро и при перемешивании добавляли к раствору димезитилбориновой кислоты (67 мг) в безводном толуоле (1 мл). Смесь перемешивали, поддерживая постоянную температуру, в течение 30 мин и затем полностью использовали в качестве катализатора в эксперименте по гидроцианированию.

**Примеры. Гидроцианирование 3-PN до AdN**

Эксперимент осуществляли по следующей методике:

В атмосфере аргона в стеклянную пробирку Шотта объемом 60 мл, оснащенную пробкой с мембраной, последовательно помещали:

- лиганд (5 молей эквивалентов лиганда на атом никеля в случае монодентатного лиганда, например, ТТР; 2,5 молей эквивалентов лиганда на атом никеля в случае бидентатного лиганда, например, DPPX);

- 1,21 г (15 ммоль, 30 эквивалентов) безводного 3PN;

- 138 мг (0,5 ммоль, 1 эквивалент)  $Ni(Cod)_2$ ;

- кислоту Льюиса (природу и количество см. обозначения в таблицах I и II ниже).

Смесь при перемешивании доводили до 70°C. Ацетонциангидрин, служивший источником HCN, вводили в реакционную среду при помощи шприца при значении расхода, равном 0,45 мл в час. После 3 часов введения шприц вынимали. Смесь охлаждали до комнатной температуры, разбавляли ацетоном и анализировали способом газовой хроматографии.

Результаты объединены в следующих далее таблицах I и II.

| Таблица I                 |        |                |                   |          |                    |
|---------------------------|--------|----------------|-------------------|----------|--------------------|
| Сравнительные примеры 5-7 |        |                |                   |          |                    |
| Пример                    | Лиганд | Кислота Льюиса | Кислота Льюиса/Ni | ТТ (3PN) | Степень линейности |
| 5                         | ТТР    | $(mes)_2BOH$   | 1                 | 23,6     | 67,7               |
| 6                         | DPPX   | $ZnCl_2$       | 1                 | 72,8     | 59,0               |
| 7                         | ТТР    | $Ph_2BOBPh_2$  | 0,5               | 14,3     | 73,8               |

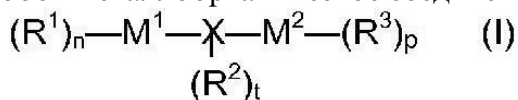
| Таблица II   |        |                |                   |          |                    |
|--------------|--------|----------------|-------------------|----------|--------------------|
| Примеры 8-16 |        |                |                   |          |                    |
| Пример       | Лиганд | Кислота Льюиса | Кислота Льюиса/Ni | ТТ (3PN) | Степень линейности |

|    |      |          |      |      |      |
|----|------|----------|------|------|------|
| 8  | ТТР  | ТiBAO    | 0,5  | 47,9 | 76,8 |
| 9  | ТТР  | ТiBAO    | 0,25 | 36,7 | 78,7 |
| 10 | ТТР  | Пример 1 | 0,5  | 38,2 | 76,2 |
| 11 | ТТР  | Пример 2 | 0,5  | 34,0 | 73,5 |
| 12 | ТТР  | Пример 3 | 0,5  | 35,8 | 71,1 |
| 13 | ТТР  | Пример 4 | 0,5  | 51   | 78,2 |
| 14 | DPPX | ТiBAO    | 0,5  | 78,4 | 84,7 |
| 15 | DPPX | ТiBAO    | 0,25 | 77,8 | 86,4 |
| 16 | DPPX | Пример 4 | 0,5  | 33,3 | 84,1 |

10

### Формула изобретения

1. Способ получения соединений, содержащих по меньшей мере одну нитрильную функциональную группу, путем гидроцианирования органического соединения, содержащего от 2 до 20 атомов углерода и по меньшей мере одну несопряженную ненасыщенную связь, по реакции с цианидом водорода в присутствии каталитической системы, в состав которой входят комплекс никеля в степени окисления ноль по меньшей мере с одним фосфорорганическим лигандом, выбранным из группы, содержащей органофосфиты, органофосфониты, органофосфиниты и органофосфины, и сокатализатор, отличающийся тем, что сокатализатор представляет собой металлоорганическое соединение, соответствующее общей формуле I



25 в которой  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$  представляют собой алкильные радикалы, содержащие от 1 до 6 атомов углерода, замещенные или незамещенные фенильные радикалы или атомы галогена,

$M^1$  и  $M^2$ , одинаковые или различные, представляют собой элементы валентности  $m^1$  и  $m^2$  соответственно, выбранные из группы, содержащей цинк, бор, алюминий, кадмий, галлий, индий и олово, причем  $M^1$  и  $M^2$  не могут одновременно представлять собой бор,

35 X представляет собой элемент валентности x, выбранный из группы, содержащей кислород, углерод, азот, кремний, серу и фосфор,

n - целое число, равное  $m^1 - 1$ ,

p - целое число, равное  $m^2 - 1$ ,

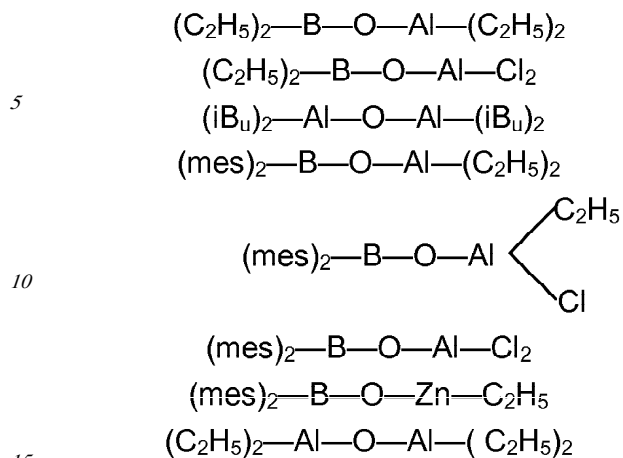
t - целое число, равное  $x - 2$ .

40 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что  $M^2$  представляет собой алюминий или цинк, и тем, что  $M^1$  представляет собой бор или алюминий.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что  $M^2$  представляет собой алюминий или цинк,  $M^1$  представляет собой бор или алюминий и X представляет собой кислород.

45 4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что сокатализатор является выбранным из группы, содержащей следующие соединения или их димеры, тримеры либо тетрамеры

50



в которых iBu представляет собой изобутильный радикал;

mes представляет собой мезитильную (2,4,6-триметилфенильную) группу.

5. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что для каталитической системы  
20 мольное отношение количества сокатализатора к мольному количеству никеля лежит в интервале от 0,1 до 10.

6. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что фосфорорганический  
лиганд является выбранным из группы, содержащей монодентатные и бидентатные  
25 фосфорорганические соединения.

7. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что органические соединения,  
подлежащие превращению в динитрильные соединения, представляют собой  
соединения из группы пентеннитрилов.

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что соединение, содержащее по меньшей мере  
30 одну нитрильную группу, представляет собой адипонитрил.

35

40

45

50