

DOI: 10.15593/2224-9400/2017.1.08

УДК 547.427.15-125

**В.З. Пойлов, Н.П. Углев, К.Г. Кузьминых,
И.Г. Колпащиков, Е.Е. Кожухов**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

О.Г. Харитонов, А.И. Миков

АО «Полиэкс», г. Пермь, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНТАЭРИТРИТА С ЦЕЛЬЮ ВЫДЕЛЕНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ

В производстве пентаэритрита образуется жидкий отход, называемый третичным маточником, содержащий монопентаэритрит, формиат натрия, органические примеси и воду. Извлечение из третичного маточника дополнительного количества пентаэритрита и формиата натрия позволит улучшить технико-экономические показатели производства. Представленные в литературных источниках методы извлечения пентаэритрита из третичного маточника имеют ограничения, не позволяющие реализовать их в промышленных масштабах. Целью настоящей работы являлось исследование возможности выделения пентаэритрита из горячего третичного маточника путем политермической кристаллизации с добавлением воды. При проведении исследований варьировали параметры: начальная и конечная температура, наличие затравочных кристаллов, количество вводимой воды, скорость охлаждения. Осадок, полученный в результате кристаллизации, отделяли от жидкой фазы фильтрацией под вакуумом и центрифугированием.

В результате политермической кристаллизации третичного маточника (ТМ) можно извлекать дополнительное количество пентаэритрита. При кристаллизации в отсутствие воды образуются осадки с низким содержанием монопентаэритрита и высоким содержанием формиата натрия. При кристаллизации в присутствии воды образуются осадки с более высоким содержанием монопентаэритрита и низким содержанием формиата натрия. При соотношении вода / ТМ, равном 0,25–0,38, получают осадки приемлемого состава с содержанием пентаэритрита 72–85 мас. %. Промывка осадка водой позволяет повысить содержание монопентаэритрита. При промывке из осадка удаляется в основном формиат натрия. Максимальное содержание монопентаэритрита после промывки осадка составляет 90,81 мас. %. Центри-

фугирование осадков протекает значительно быстрее: за 5–10 мин против 30–60 мин при фильтрации под вакуумом.

***Ключевые слова:** пентаэритрит, формиат натрия, третичный маточник, кристаллизация.*

**V.Z. Poilov, N.P. Uglev, K.G. Kuz'minykh,
I.G. Kolpashchikov, E.E. Kozhukhov**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

O.G. Kharitonov, A.I. Mikov

АО «Polieks», Perm, Russian Federation

STUDY OF THE POSSIBILITY OF PROCESSING WASTE MANUFACTURING PENTAERYTRITIS WITH THE PURPOSE OF DISPLAY VALUABLE COMPONENTS

In the pentaerythritol production a liquid waste, which is called a tertiary mother solution, is formed. It contains monopentaerythritol, sodium formate, organic impurities and water. Extraction of an additional amount of pentaerythritol and sodium formate from the tertiary mother solution will improve the technical and economic indicators of production. Extraction methods of of pentaerythritol from the tertiary mother solution, which are presented in the literature, have limitations that make it impossible to realize them on an industrial scale. The aim of this study was to investigate the possibility of allocation of pentaerythritol from the hot tertiary polythermal solution by using crystallization method with the addition of water. In the present research following parameters were varied: initial and final temperature, the presence of seed crystals, the amount of water introduced, and the cooling rate. The obtained precipitate was separated from the liquid phase by filtration under vacuum and centrifugation. As a result of the polythermic crystallization of the tertiary mother solution an additional amount of pentaerythritol could be recovered. Crystallization in the absence of water produces precipitates with a low content of monopentaerythritol and a high content of sodium formate. With a Water / Tertiary mother solution ratio of 0,25–0,38, precipitates of acceptable composition with a pentaerythritol content of 72–85 wt. % are obtained. Washing of the precipitate with water allows increasing the content of monopentaerythritol. When washing, the sodium formate is mainly removed from the precipitate. The maximum content of monopentaerythritol after washing the precipitate is 90,81 wt %. Centrifugation of precipitate proceeds much faster in 5–10 minutes against 30–60 minutes under vacuum filtration.

***Keywords:** Pentaerythritol, sodium formate, tertiary mother liquor, crystallization.*

В производстве пентаэритрита [1–3] образуется жидкий отход, называемый третичным маточником (ТМ), который содержит в своем составе (мас. %): монопентаэритрит 20 ± 5 %, формиат натрия 40 ± 5 %, органические примеси 10 ± 3 %, вода 30 ± 10 %. При охлаждении до комнатной температуры ТМ образует густую суспензию, в которой соотношение фаз жидкость/твердое меньше единицы. Вследствие этого холодный третичный маточник плохо фильтруется и его нельзя перемещать по трубопроводам.

Основные компоненты ТМ имеют различную растворимость в воде: в 100 г воды при 20 °С растворяется 81,2 г формиата натрия (ФН), а растворимость монопентаэритрита (МПЭ) и дипентаэритрита (ДПЭ) при той же температуре по данным [4] составляет 6,25 и 0,22 г/100 г H_2O соответственно.

Извлечение из ТМ дополнительного количества пентаэритрита и формиата натрия позволит улучшить технико-экономические показатели производства. В связи с этим представляет практический интерес развитие технологии переработки ТМ на продукты или сырье для производства пентаэритрита или формиата натрия.

Известными методами переработки ТМ [5–8] являются:

- ◆ физические методы, заключающиеся в выделении из ТМ ценных компонентов путем экстракции, растворения, кристаллизации, дистилляции, фильтрации;
- ◆ химические методы, сопровождающиеся обработкой ТМ химическими реагентами, приводящие к получению новых продуктов;
- ◆ термические методы, заключающиеся в обработке ТМ при высоких температурах с последующим разделением или отделением образующихся веществ.

Химические методы сопряжены со строительством новых установок, повышенными капитальными затратами, а термические методы являются энергоемкими.

Физические способы выделения монопентаэритрита, дипентаэритрита и формиата натрия из ТМ основаны на различной растворимости компонентов ТМ в растворе, содержащем органические примеси. В присутствии формиата натрия в водном маточном растворе растворимость монопентаэритрита понижается, происходит высаливание МПЭ, причем с увеличением температуры эта тенденция усиливается. При совместном нахождении в ТМ основных технологических примесей (ДПЭ, ЦМФ, сахаров и др.) растворимость пентаэритрита возрастает.

В работе [9] установлено, что путем выщелачивания третичного маточника водой можно обогатить осадок монопентаэритритом, а раствора – формиатом натрия. Установлено, что при массовом соотношении $H_2O/TM = 0,5 \dots 1,0$, доля МПЭ извлекаемого с осадком снижалась от 75 до 61 %, но концентрация МПЭ в осадке возросла с 69 до 73 %. Однако эти данные были получены при температуре 20 °С, а данные при высоких температурах отсутствуют. Поэтому целью настоящей работы являлось исследование возможности выделения пентаэритрита из горячего третичного маточника путем политермической кристаллизации с добавлением воды.

Описание методики проведения лабораторных экспериментов

Исследования проводили в термостатируемом кристаллизаторе с лопастной мешалкой. Исходный ТМ подогревали до необходимой температуры, которую варьировали в диапазоне от 95 до 109 °С. При этом в некоторых экспериментах (когда температура горячего ТМ составляла менее 100 °С) осадок не растворялся полностью, и процесс дальнейшей кристаллизации проводили в режиме «самозатравки». Необходимое количество затравки или воды с температурой 25 °С вводили в кристаллизатор при включенном перемешивающем устройстве с целью разбавления и частичного охлаждения смеси. Скорость вращения мешалки определили в предварительных экспериментах и далее поддерживали постоянной, исходя из условия обеспечения витания крупных кристаллов, образующихся в конце процесса политермической кристаллизации. Горячий (ТМ) охлаждали за счет подачи в рубашку охлаждения кристаллизатора охлаждаемой с заданной скоростью воды из программируемого термостата. За счет охлаждения ТМ в кристаллизаторе протекал процесс кристаллизации осадка. Скорости охлаждения поддерживали постоянными, имеющими значения соответственно 1,0 и 0,30 град/мин. Начальная температура раствора ТМ в кристаллизаторе составляла 90 °С и менее, в зависимости от объема добавляемой воды. Конечная температура охлаждения суспензии в кристаллизаторе варьировалась в различных экспериментах. Полученную в кристаллизаторе суспензию извлекали из кристаллизатора и разделяли методами фильтрации под вакуумом или центрифугированием. Центрифугирование осадка после проведения процесса кристаллизации проводили на лабораторной центрифуге Пн-ЗУХЛ4.2. По завершении процесса фильтрации или центрифугирования небольшое

количество осадка отбирали для анализа влажности на приборе MS-70 A&D (Япония).

Результаты лабораторных исследований и их обсуждение

Результаты исследований представлены в табл. 1–4. В табл. 1 приведены условия кристаллизации третичного маточника и значения выхода твердой фазы.

Таблица 1

Условия проведения процесса политермической кристаллизации третичного маточника

Номер опыта	Начальная температура ТМ, °С	Наличие заправки в ТМ	Начальная температура ТМ, °С	Количество вводимой воды, мас. %	Конечная температура ТМ, °С	Скорость охлаждения при кристаллизации, град/мин	Выход твердой фазы (в пересчете на сухой), мас. %
1	90	«Самозаправка»	–	–	30	1,0	41,87
2	95	«Самозаправка»	95	25	30	1,0	11,92
3	95	«Самозаправка»	95	38	30	1,0	10,09
4	95	«Самозаправка»	95	50	30	1,0	12,52
5	95	«Самозаправка»	95	75	30	1,0	Твердая фаза отсутствует
6	107	Ввод заправки в количестве 4,2 % от массы ТМ	–	–	30	1,0	40,61
7	105	Ввод заправки в количестве 4,2 % от массы ТМ	105	38	30	1,0	12,70
8	109	Без использования заправки	109	25	30	0,3	15,25
9	108	Ввод заправки в количестве 5 % от массы ТМ	108	38	50	0,3	10,55
10	109	Без использования заправки	60	25	50	1,0	13,53
11	95	«Самозаправка»	95	30	50 *	1,0	13,35

* При достижении конечной температуры проводили выдержку в изотермических условиях в течение 120 мин.

В табл. 2 представлены составы выделенной путем кристаллизации твердой фазы.

Таблица 2

Состав кристаллизата третичного маточника

Номер опыта	Состав твердой фазы после сушки, мас. %			
	МПЭ	ДПЭ	ЦМФ	ФН
1	36,54	2,78	2,47	53,96
2	78,86	3,96	2,75	8,13
3	79,79	2,95	2,84	6,06
4	67,76	4,81	3,52	15,37
6	36,34	2,63	3,84	48,07
7	74,18	2,22	3,64	10,04
8	72,23	3,20	3,50	10,97
9	85,01	1,92	2,13	7,74
10	82,73	0,61	2,59	11,29
11	77,82	4,27	2,48	10,97

Примечание: МПЭ – монопентаэритрит, ДПЭ – дипентаэритрит, ЦМФ – циклические моноформали, ФН – формиат натрия.

Результаты лабораторных исследований показывают, что наибольший выход твердой фазы (порядка 50 %) получается при кристаллизации исходного третичного маточника без добавления воды, при этом основным компонентом осадка является формиат натрия. При количестве вводимой воды более 75 % относительно массы исходного третичного маточника после кристаллизации не образуется твердая фаза. Анализируя данные опытов 2–4 и 7–11, можно заключить, что при поддержании количества вводимой воды в кристаллизатор от 25 до 50 мас. % обеспечивается приемлемый выход кристаллизата (в пределах 10–15 %) и достаточно высокое содержание пентаэритрита в осадке (67,76–85,01 %). Содержание формиата натрия существенно снижается при кристаллизации с добавлением воды, по сравнению с экспериментами без добавления воды, что можно объяснить более высокой растворимостью формиата натрия по сравнению с другими компонентами, содержащимися в ТМ [10, 11].

С целью выявления факторов, влияющих на выход кристаллизата, по данным табл. 1 проведен регрессионный анализ в результате чего установлено, что выход кристаллизата зависит от количества вводимой воды перед кристаллизацией. Уравнение регрессии выглядит следующим образом (при количестве вводимой воды 25–50 %):

$$\text{Выход кристаллизата (\%)} = 36,5427 - 0,66881 \times \text{Количество воды.}$$

Адекватность уравнения подтверждается малой величиной значимости критерия Фишера 0,001.

Следует отметить, что практически во всех экспериментах после фильтрации осадка под вакуумом его влажность превышала 10 мас. %. Одним из способов интенсификации процесса разделения фаз является замена вакуумной фильтрации на центрифугирование. Для эксперимента № 9 был проведен сравнительный анализ процесса разделения фаз после кристаллизации фильтрацией под вакуумом и центрифугированием. Так, при разделении суспензии методом вакуумной фильтрации выход твердой фазы составил 8,50 % относительно массы суспензии, поступившей на фильтрацию. При разделении суспензии на центрифуге при скорости вращения, равной 1000 об/мин, в течение 5 мин выход твердой фазы составил 10,82 % от массы суспензии, а при центрифугировании в течение 10 мин – 11,84 %. Центрифугирование протекает значительно быстрее – за 5–10 мин против 30–60 мин при фильтрации, при этом не происходит испарение жидкой фазы из-за просасывания воздуха при пониженном давлении в системе, которое способствует охлаждению раствора и кристаллизации формиата натрия, загрязняющего осадок.

Результаты анализов твердой фазы свидетельствуют о том, что независимо от условий кристаллизации ТМ содержание основного компонента (монопентаэритрита) в кристаллизате не превышает 85 %. Для снижения содержания примесей в получаемом пентаэритрите проводили промывку осадка под вакуумом водой с температурой 25 °С. В табл. 3 представлены результаты исследований промывки осадков водой.

Таблица 3

Результаты лабораторных исследований промывки осадков пентаэритрита водой

Номер опыта	Количество воды на промывку, % относительно массы влажного кристаллизата	Состав твердой фазы после сушки, мас. %			
		МПЭ	ДПЭ	ЦМФ	ФН
1	16,0	87,71	4,17	0,87	4,08
2	16,0	89,52	3,71	1,47	0,88
3	16,0	88,56	3,26	1,63	0,23
4	16,0	85,86	4,30	1,60	2,06
9	16,7	90,81	1,76	1,66	3,48

Промывка кристаллизата водой позволяет повысить содержание МПЭ в осадке. При промывке из осадка удаляется в основном формиат

натрия. Содержание ДПЭ после промывки изменяется незначительно. Максимальное содержание МПЭ после промывки осадка составляет 90,81 мас. % (эксперимент № 9).

Вследствие того, что при кристаллизации происходит перераспределение компонентов по фазам, по результатам экспериментальных данных был определен коэффициент разделения. Распределение веществ по фазам после обработки третичного маточника определяли исходя из масс жидкой и твердой (сухой) фаз, а также результатов анализа соответствующих фаз. Результаты распределения компонентов по фазам представлены в табл. 4.

Таблица 4

Распределение веществ по фазам после обработки третичного маточника

Номер опыта	Распределение компонентов по фазам, %					
	Твердая фаза			Жидкая фаза		
	ФН	МПЭ	МПЭ + ДПЭ + ЦМФ	ФН	МПЭ	МПЭ + ДПЭ + ЦМФ
2	2,84	40,57	–	97,16	59,43	–
3	1,87	35,13	–	98,13	64,87	–
4	5,93	38,78	–	94,07	61,22	–
6	62,14	83,58	72,21	37,86	16,42	27,79
7	3,50	47,49	37,28	96,50	52,51	62,72
8	4,99	59,02	47,75	95,01	40,98	52,25
9	2,54	45,59	36,43	97,46	54,41	63,57
10	4,86	60,44	47,81	95,14	39,56	52,19
11	4,19	57,48	46,93	95,81	42,52	53,07

Примечание. В таблице «–» отмечены эксперименты, для которых не проводились анализы жидкой фазы.

Из анализа данных табл. 4 следует, что наибольший переход пентаэритрита в твердую фазу наблюдается для эксперимента № 6, проводимого без ввода в кристаллизатор воды. Это объясняется тем, что при отсутствии ввода воды в кристаллизаторе поддерживается более высокая концентрация формиата натрия, высаливающего пентаэритрит. Но следует отметить, что при этих условиях в осадок переходит достаточно большое количество формиата натрия. Условиям наибольшего перевода формиата натрия в жидкую фазу соответствуют условия экспериментов 2, 3, 9, в которых вводится вода в количественном соотношении вода/ТМ = 0,25...0,38. Но при этом за счет растворения пентаэритри-

та в воде происходит снижение коэффициента его перераспределения в твердую фазу. Из этих данных следует, что для достижения максимального перехода формиата натрия в раствор и минимального перехода пентаэритрита в жидкую фазу процесс кристаллизации необходимо вести без ввода воды (или при минимальном количестве воды), а получаемый осадок дополнительно отмывать от формиата натрия водой.

Выводы

1. В результате политермической кристаллизации третичного маточника можно извлекать дополнительное количество пентаэритрита. При кристаллизации в отсутствие воды образуются осадки с низким содержанием МПЭ и высоким содержанием формиата натрия, так как формиат натрия захватывается в осадок. При кристаллизации в присутствии воды образуются осадки с более высоким содержанием МПЭ и низким содержанием формиата натрия за счет того, что вода предотвращает кристаллизацию формиата натрия. Выход кристаллизата зависит от количества вводимой воды.

2. Рекомендуются поддерживать соотношение вода/ГМ = 0,25...0,38, обеспечивающее протекание кристаллизации и получение осадка приемлемого состава с содержанием пентаэритрита 72–85 мас. %.

3. Промывка получаемого кристаллизата водой позволяет повысить содержание МПЭ в осадке. При промывке из осадка удаляется в основном формиат натрия и водорастворимые примеси.

4. Показано, что центрифугирование осадков протекает значительно быстрее: за 5–10 мин против 30–60 мин при фильтрации под вакуумом. При этом не происходит испарение воды из-за просасывания воздуха при пониженном давлении в системе, которое способствует охлаждению раствора и кристаллизации формиата натрия, загрязняющего осадок.

Список литературы

1. Способ получения пентаэритрита: пат. 2053215 Рос. Федерация: МПК С07С31/24 / Загидуллин С.Х., Мошева Л.А., Майер В.В., Ожегов В.И., Кожухов Е.Е. – № 95102636/04; заявл. 22.02.1995; опубл. 10.05.1998.

2. Способ одновременного получения пентаэритрита и формиата натрия: пат. 2199518 Рос. Федерация: МПК С07С27/00, С07С31/24, С07С53/06/ Кабакова З.И., Прохоров В.П., Васильев Э.В., Накрохин В.Б. – № 2001126998/04; заявл. 04.10.2001; опубл. 27.02.2003.

3. Способ получения пентаэритрита и дипентаэритрита: пат. 2402519 Рос. Федерация: МПК С07С31/24, С07С29/74, С07С29/38, С07С43/13/ Даут В.А., Майер В.В., Пойлов В.З., Тюленева Г.Е., Бибакова Т.А., Семериков А.Б., Федорова Н.Н. – № 2008152898/04; заявл. 30.12.2008; опубл. 27.10.2010.

4. Белкин Д.И. Научные основы, разработка и промышленное использование эффективной технологии пентаэритрита: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1988. – 32 с.

5. Process for producing formate and joint producing various sodium phosphates by acidifying sodium formate with perphosphoric acid: patent 97103209 CN / Zhou Yangming., Chen Sanduo., Liu Shouye. – Publ. 22.04.98.

6. Process for recovering pentaerythritol and protan from mother liquid of pentaerythritol: patent 98112744 CN / Liu Qidong, He Kaimiao, Wang Yunshan. – Publ. 31.05.00.

7. Способ переработки отходов фильтрата производства пентаэритрита: пат. 2412150 Рос. Федерация: МПК С07С31/24, С07С29/76, С07С53/06 / Даут В.А., Майер В.В., Пойлов В.З., Тюленева Г.Е., Бибакова Т.А., Семериков А.Б., Федорова Н.Н. – № 2008152899/04; заявл. 30.12.2008; опубл. 10.07.2010.

8. Способ переработки технического пентаэритрито-формиатного маточного раствора: пат. 2440168 Рос. Федерация: МПК В01Д 9/02, С07С31/24, С07С53/06 / Самохвалов И.И., Авраменко Э.В., Бибакова Т.А., Кудряшова О.С. – № 2010133474/05; заявл. 09.08.2010; опубл. 20.01.2012.

9. Переработка отходящих растворов производства пентаэритрита / Тюленева Г.Е., Пойлов В.З., Майер В.В., Бибакова Т.А., Федорова Н.Н. // Вестник Пермского государственного технического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2008. – № 8. – С. 234–247.

10. Загидуллин С.Х., Мошева Л.А., Шерстобитов Д.Ю. Исследование пересыщений в системе формиат натрия – вода с целью оптимизации процесса кристаллизации // Журнал прикладной химии. – 1996. – Т. 69, № 5. – С. 749–753.

11. Растворимость в системе пентаэритрит – формиат натрия – вода / Шерстобитов Д.Ю., Мошева Л.А., Загидуллин С.Х., Кудряшов С.Ф. // Журнал неорганической химии. – 1996. – Т. 41, № 11. – С. 1931–1934.

References

1. Zagidullin S.Kh., Mosheva L.A., Maier V.V., Ozhegov V.I., Kozhukhov E.E. Sposob polucheniia pentaeritrita [Method of the preparation of pentaerythritol]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 95102636/04 (1998).

2. Kabakova Z.I., Prokhorov V.P., Vasil'ev E.V., Nakrokhin V.B. Sposob odnovermennogo polucheniia pentaeritrita i formiata natriia [A process for the simultaneous production of pentaerythritol and sodium formate]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2001126998/04 (2003).

3. Daut V.A., Maier V.V., Poilov V.Z., Tiuleneva G.E., Bibakova T.A., Semerikov A.B., Fedorova N.N. Sposob polucheniia pentaeritrita i dipentaeritrita [Process for the preparation of pentaerythritol and dipentaerythritol]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2008152898/04 (2010).

4. Belkin D.I. Nauchnye osnovy, razrabotka i promyshlennoe ispol'zovanie jeffektivnoj tehnologii pentajeritrita [Scientific basis, development and industrial use of effective technology of pentaerythritol]. Abstract of Doctor's degree dissertation, 1988, 32 p.

5. Zhou Yangming., Chen Sanduo., Liu Shouye. Process for producing formate and joint producing various sodium phosphates by acidifying sodium formate with perphosphoric acid. Patent China no. CN 97103209 (1998).

6. Liu Qidong, He Kaimiao, Wang Yunshan. Process for recovering pentaerythritol and protan from mother liquid of pentaerythritol. Patent China no. CN 98112744 (2000).

7. Daut V.A., Maier V.V., Poilov V.Z., Tiuleneva G.E., Bibakova T.A., Semerikov A.B., Fedorova N.N. Sposob pererabotki otkhodov fil'trata proizvodstva pentaeritrita [Method for processing waste products of pentaerythritol filtrate]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no.2008152899/04 (2010).

8. Samokhvalov I.I., Avramenko E.V., Bibakova T.A., Kudriashova O.S. Sposob pererabotki tekhnicheskogo pentaeritrito-formiatnogo matochnogo rastvora [Method for processing technical pentaerythritol formate mother liquor]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2010133474/05 (2012).

9. Tiuleneva G.E., Poilov V.Z., Maier V.V., Bibakova T.A., Fedorova N.N. Pererabotka otkhodiashchikh rastvorov proizvodstva pentaeritrita [Recycling of waste solutions of pentaerythritol production]. *Vestnik PSTU*, 2008, no. 8, pp. 234–247.

10. Zagidullin S.Kh., Mosheva L.A., Sherstobitov D.Iu. Issledovanie peresyshchenii v sisteme formiat natriia – voda s tsel'iu optimizatsii protsessa kristallizatsii [Investigation of supersaturations in the sodium – water formate system in order to optimize the crystallization process]. *Zhurnal prikladnoi khimii*, 1996, vol. 69, no. 5, pp. 749–753.

11. Sherstobitov D.Iu., Mosheva L.A., Zagidullin S.Kh., Kudriashov S.F. Rastvorimost' v sisteme pentaeritrit – formiat natriia – voda [Solubility in the sodium-water pentaerythritol-formate system]. *Zhurnal neorganicheskoi khimii*, 1996, vol. 41, no. 11, pp. 1931–1934.

Получено 10.02.2017

Об авторах

Пойлов Владимир Зотович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: vladimir-poilov@mail.ru).

Углев Николай Павлович (Пермь, Россия) – кандидат химических наук, доцент кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; email: ouglev@mail.ru).

Кузьминых Константин Геннадьевич (Пермь, Россия) – младший научный сотрудник кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: kgkuz@mail.ru).

Колпациков Игорь Геннадьевич (Пермь, Россия) – магистр кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: ace073@rambler.ru).

Кожухов Евгений Егорович (Пермь, Россия) – магистр кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: ekozhukhov@inbox.ru).

Харитонов Олег Геннадьевич (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, главный специалист по ОКР АО «Полиэкс» (614101, г. Пермь, ул. Закамская, 2В; e-mail: hog@polyex.perm.ru).

Миков Александр Илларионович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, председатель совета директоров АО «Полиэкс» (614101, г. Пермь, ул. Закамская, 2В; e-mail: mai@polyex.perm.ru).

About the authors

Vladimir Z. Poilov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Chemical technology, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: vladimirpoilov@mail.ru).

Nikolaj P. Uglev (Perm, Russian Federation) – Ph.D. of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Chemical technology (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: ouglev@mail.ru).

Konstantin G. Kuzminykh (Perm, Russian Federation) – Junior Research Fellow of Department of Chemical Technology, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: kgkuz@mail.ru).

Igor G. Kolpashchikov (Perm Russian Federation) – Master Department of Chemical technology Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: ace073@rambler.ru).

Evgenij E. Kozhukhov (Perm Russian Federation) – Master Department of Chemical technology Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: ekozhukhov@inbox.ru).

Oleg G. Kharitonov (Perm, Russian Federation) – Ph.D. of Technical Sciences, Senior Specialist on R&D POLYEX cjsc (2V, Zakamskaya str., Perm, 614101, Russian Federation; e-mail: hog@polyex.perm.ru).

Aleksandr I. Mikov (Perm, Russian Federation) – Ph.D. of Technical Sciences, Chairman of Board of Directors POLYEX cjsc (2V, Zakamskaya str., Perm, 614101, Russian Federation; e-mail: mai@polyex.perm.ru).