

Дисперсный наполнитель на основе синтетического карбоната кальция – требования к качеству применения

Екатерина С. Натарева¹ natarovaekaterina@ya.ru  0000-0002-6031-0786
Юлия М. Нечёсова² malyavina.yulya@ya.ru  0000-0001-5700-3841

¹ Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, ул. Студенческая, 10, г. Воронеж, 394036, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Ведение наполнителей в различные материалы способствует улучшению его технологических, физико-механических свойств, приводит к снижению их стоимости. Основными областями применения природного и синтетического карбоната кальция в качестве высокодисперсных наполнителей являются: строительная отрасль, производство портландцемента, минеральных удобрений, стекла, бумаги, полимерных композиционных материалов, лакокрасочных материалов, резин. Перспективным направлением является использование в качестве наполнителей побочных продуктов производств, например, конверсионного карбоната кальция – отхода производства сложного минерального удобрения – нитроаммофоски. Однако, его использование в вышеперечисленных областях ограничено содержанием водорастворимых азотсодержащих примесей, примесей тяжелых металлов, карбоната стронция, фосфатов и др. Проведен анализ научно-технической и патентной литературы по способам очистки конверсионного карбоната кальция. Данные способы основаны на извлечении примесей из исходного продукта получения карбоната кальция – плава тетрагидрата нитрата кальция осаждением различными реагентами с последующим выделением нерастворимого осадка (примесей) и переработкой очищенного плава в карбонат кальция и нитроаммофоску. Предложен способ извлечения кислотонерастворимых железосодержащих примесей из исходного плава нитрата кальция с целью получения более чистого побочного продукта – конверсионного карбоната кальция, что позволит расширить области его применения. Эффективным способом является разбавление исходного плава нитрата кальция 60 %-ным раствором аммиачной селитры до содержания кальция 12-13% с последующим выделением кислотонерастворимого осадка в вакуум-фильтре, конверсией очищенного раствора нитрата кальция карбонатом аммония и разделением образовавшейся суспензии в барабанном фильтре. Описанным способом можно уменьшить количество железосодержащих примесей более чем на 50%.

Ключевые слова: карбонат кальция, нитрат кальция, нитроаммофоска, очистка от примесей, наполнители

Dispersed filler based on synthetic calcium carbonate – requirements for applications quality

Ekaterina S. Natarova¹ natarovaekaterina@ya.ru  0000-0002-6031-0786
Yulia M. Nehcesova² malyavina.yulya@ya.ru  0000-0001-5700-3841

¹ Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The introduction of fillers into various materials improves its technological, physical and mechanical properties, and leads to a decrease in cost. The main areas of application of natural and synthetic calcium carbonate as highly dispersed fillers are: the construction industry, the production of Portland cement, mineral fertilizers, glass, paper, polymer composite materials, paints and varnishes, and rubbers. A promising direction at present is the use of production by-products as fillers, for example, conversion calcium carbonate - a waste product from the production of a complex mineral fertilizer - nitroammophoska. However, its use in the above areas is limited by the content of water-soluble nitrogen-containing impurities, impurities of heavy metals, strontium carbonate, phosphates, etc. The analysis of scientific, technical and patent literature on methods of purification of conversion calcium carbonate has been carried out. These methods are based on the extraction of impurities from the initial product of calcium carbonate production - a melt of calcium nitrate tetrahydrate by precipitation with various reagents, followed by the isolation of an insoluble precipitate (impurities) and processing of the purified melt into calcium carbonate and nitroammofoska. A method is proposed for the extraction of acid-tonic-soluble iron-containing impurities from the initial calcium nitrate melt in order to obtain a cleaner by-product - conversion calcium carbonate, which will expand the scope of its application. An effective method is to dilute the initial calcium nitrate melt with a 60% solution of ammonium nitrate to a calcium content of 12-13%, followed by the isolation of an acid-insoluble precipitate in a vacuum filter, conversion of the purified calcium nitrate solution with ammonium carbonate and separation of the resulting suspension in a drum filter. The described method can reduce the amount of iron-containing impurities by more than 50%.

Keywords: calcium carbonate, calcium nitrate, nitroammophoska, purification from impurities, fillers

Введение

По своей экономической значимости карбонат кальция является одним из важнейших неорганических наполнителей, широко применяемых в различных отраслях промышленности. Это обусловлено как совокупностью его физико-химических свойств, так и распространенностью в природе.

Основными направлениями применения карбоната кальция являются [1–5]:

- строительная отрасль – используется более $\frac{3}{4}$ общего количества добываемого природного карбоната кальция;
- производство неорганических вяжущих веществ, изготовление портландцемента;
- химическая промышленность: получение кальцинированной соды, кормовых фосфатов и кальцийсодержащих удобрений (преципитат, известково-аммиачной селитры и др.), синтетических моющих средств, карбида кальция, хлорной извести;

Для цитирования

Натарева Е.С., Нечёсова Ю.М. Дисперсный наполнитель на основе синтетического карбоната кальция – требования к качеству применения // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 303–308. doi:10.20914/2310-1202-2021-1-303-308

For citation

Natarova E.S., Nehcesova Yu.M. Dispersed filler based on synthetic calcium carbonate – requirements for applications quality. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 303–308. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-1-303-308

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

- сельское хозяйство, в виде известняковой муки или молотого мела как высокоэффективный мелиорант закислённых почв;
- производство стекла, бумаги;
- металлургия (носитель катализаторов, адсорбент для очистки отходящих газов, фильтрующей материал, компонент электродов).

Особую значимость для промышленности имеют высокодисперсные формы карбоната кальция, широко используемые в качестве дешёвого и качественного наполнителя при изготовлении полимерных композиционных и лакокрасочных материалов, резин. В настоящее время производство дисперсных форм карбоната кальция рассматривается как отдельная отрасль промышленности, что связано с особенностями его применения и требованиями к качественным характеристикам.

Используемый в качестве наполнителя карбонат кальция производится при тонком измельчении природного или синтетически – путем осуществления химических реакций осаждения.

Перспективным направлением в настоящее время является использование в качестве наполнителей побочных продуктов производств, например, конверсионного карбоната кальция – отхода производства нитроаммофоски.

Блок-схема процесса производства нитроаммофоски с получением конверсионного карбоната кальция представлена на рисунке 1.

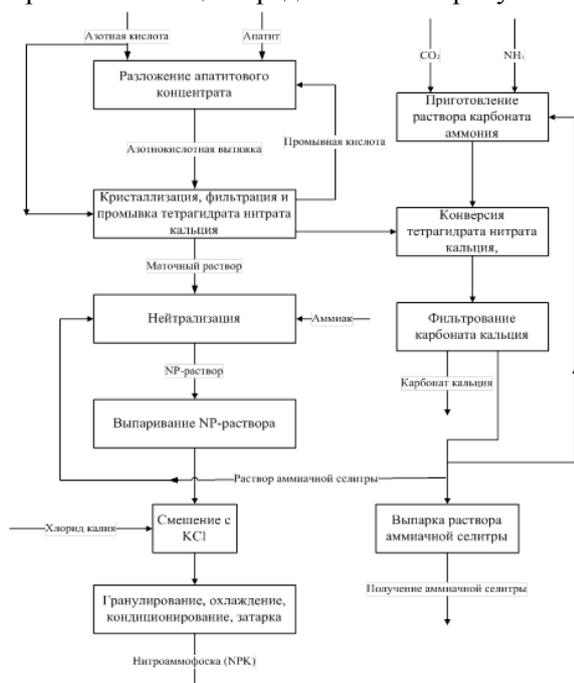


Рисунок 1. Принципиальная блок-схема производства нитроаммофоски

Figure 1. Basic block diagram of nitroammophoska production

Крупные предприятия в России, выпускающие нитроаммофоску по представленной схеме, (ОАО «Уралхим» (г. Кирово-Чепецк), ОАО «Минудобрения» (г. Россошь), ОАО «Акрон» (г. Великий Новгород), ОАО «Дорогобуж») суммарно образуют более 1 млн. т в год побочного конверсионного карбоната кальция.

С момента освоения производства НРК-удобрений остро встал вопрос о направлении дальнейшего применения конверсионного карбоната кальция.

Известно его использование для выпуска кальцийсодержащих удобрений и, прежде всего, известково-аммиачной селитры. Предложен вариант применения КК как мелиоранта и раскислителя почв в сельском хозяйстве [6].

Однако данные способы утилизации отходов карбоната кальция не получили широкого распространения в силу ряда объективных причин экономического, технологического и экологического характера. В настоящее время получаемый в России конверсионный карбонат кальция используется вместо природного карбоната кальция при подготовке стекольной шихты в производстве стекла [7].

Ведутся исследования по применению конверсионного карбоната кальция в строительных смесях, при изготовлении цемента, а также при производстве керамических и силикатных материалов [8].

Проблемами, мешающими использованию конверсионного карбоната кальция в качестве наполнителя, являются содержание водорастворимых азотсодержащих примесей, примесей тяжелых металлов, карбоната стронция, фосфатов [6].

Обсуждение

В научно-технической и патентной литературе для увеличения качества конверсионного карбоната кальция рассматриваются множество способов.

Так, согласно [10], предлагается проводить очистку плава тетрагидрата нитрата кальция путем нейтрализации плава газообразным аммиаком до pH 6,1–7,6. Предварительно исходный плава разбавляется раствором аммиачной селитры концентрацией 0,5–60%. Выпавшие в осадок нерастворимые примеси выделяются одностадийным отстаиванием с использованием анионного полиэлектролита и утилизируются. Очищенный плава может перерабатываться в карбонат кальция или использоваться в виде самостоятельного продукта. В этом случае степень очистки плава нитрата кальция от фтора составляет 60–98,5%, фосфора – 60–99,5%, железа – 85–99,9%.

К недостаткам данного способа можно отнести возможное загрязнение получаемого в дальнейшем раствора аммиачной селитры полиэлектролитом органической структуры. Как правило, раствор аммиачной селитры после выделения кристаллов карбоната кальция упаривают и гранулируют при высоких температурах, при этом присутствие органического полиэлектролита в составе перерабатываемого раствора недопустимо по причине возможного повышения взрыво- и пожаробезопасности плава аммиачной селитры при его высокой температуре.

При проведении частичной конверсии плава нитрата кальция происходит совместное осаждение карбоната кальция с выделением фтора, фосфора, железа и других примесей [11]. При этом первоначально осаждают 5–20% кальция, содержащегося в плаве, по стехиометрической норме раствора карбоната аммония. При увеличении значения pH вместе с карбонатом кальция происходит осаждение и нежелательных соединений фтора, фосфора и железа, которые выделяют в виде осадка. А из полученного очищенного раствора нитрата кальция получают карбонат кальция и аммиачную селитру. Предлагаемый способ достаточно прост, но его существенными недостатками являются: невысокая фильтруемость осадка на первой стадии и недостаточно полное выделение примесей (фтор – 78,3–89,2%, фосфор – 78,4–90,2%). Кроме того, при этом возникает проблема утилизации большого количества карбоната кальция, загрязненного примесями.

Довольно простой способ очистки плава тетрагидрата нитрата кальция предложен в работе [12]. Плав нейтрализуется карбонатом кальция или его водной суспензией (при $t > 20$ °C) до pH 3–5. В качестве карбоната кальция используется конверсионный, образуемый при конверсии неочищенного плава нитрата кальция. Перед выделением осадка полученную суспензию промывают щелочным реагентом (чаще используется известковое молоко) до pH 6–8. Концентрацию в очищенном таким образом растворе нитрата кальция поддерживают 35–45%.

Недостатком данного способа является внесение дополнительного количества воды в очищенный раствор с известковым молоком, которую при переработке получаемого раствора в карбонат кальция и аммиачную селитру по существующей схеме производства нитроаммофоски придется выпаривать. Достоинство – достаточно высокая степень очистки от примесей раствора нитрата кальция.

Авторами [13] предложен другой способ очистки плава тетрагидрата нитрата кальция от соединений фтора и фосфора. Кристаллы

тетрагидрата нитрата кальция, выделенные на фильтре из азотнокислотного раствора разложения фосфатного сырья, промываются охлажденным раствором аммиачной селитры концентрацией 0,5–60% с расходом 0,1–0,25 масс. частей на 1 масс. часть кристаллов плава нитрата кальция. Способ основан на повышении растворимости плохо растворимой в воде и азотнокислых растворах соли CaSiF_6 в растворе, содержащем ионы NH_4^+ , т. к. CaSiF_6 является основной формой присутствия фтора в выделяемых вымораживанием кристаллах нитрата кальция.

Недостаток предложенного способа заключается в невысокой степени очистки нитрата кальция только от фтора, но не фосфора, железа, стронция и др. примесей.

Исследована степень очистки плава тетрагидрата нитрата кальция от фтора и стронция при частичной (5–20% от стехиометрии) его конверсии раствором карбоната аммония в карбонат кальция [14]. Показано, что при увеличении степени конверсии выход ионов фтора в твердую фазу существенно возрастает, содержание же ионов стронция в твердой фазе, наоборот, уменьшается. Производительность фильтрации осадка при увеличении степени конверсии снижается. Предложено проводить очистку плава тетрагидрата нитрата кальция от стронция путем фильтрации исходного расплавленного нитрата кальция, а от фтора – путем фильтрации осадка после 10%-ой степени конверсии. Заявлено, что при этом получается очищенный карбонат кальция с содержанием 0,3–0,4% Sr^{2+} и 0,12–0,15% F-. Как видно, данный способ не позволяет достичь высокой степени очистки получаемого карбоната кальция от фтора. При этом осадок примесей трудно фильтруется, что отрицательно может сказаться на общей производительности по карбонату кальция.

Предлагается проводить очистку исходного плава тетрагидрата нитрата кальция осажденным карбонатом кальция или его суспензией (концентрация 1–50%, $t = 20 - 110$ °C) до значения pH 1–5,5. Карбонат кальция, используемый для обработки, осаждается из очищенного раствора нитрата кальция, далее осадок, содержащий примеси, отделяется от целевого продукта [15].

Недостатком предложенного способа является сложность его применения в промышленных условиях, а также невысокая степень очистки плава при pH, близких к нижнему заявленному пределу.

Кроме представленных выше способов, существует и другие, более сложные и трудно реализуемые методы, повышающие качество конверсионного карбоната кальция путем очистки исходного плава тетрагидрата нитрата кальция.

На основании проведенного анализа научно-технической литературы предложена эффективная схема по извлечению кислотонерастворимого железосодержащего осадка из плава тетрагидрата нитрата кальция: в исходный плав нитрата кальция подается 60%-ый раствор аммиачной селитры, растворы перемешиваются до достижения массовой доли кальция 12%. Полученный раствор направляется на выделение кислотонерастворимого осадка в вакуум-фильтр. После фильтрации очищенный раствор нитрата кальция поступает на конверсию карбонатом аммония. Процесс протекает при температуре 55–70° С и атмосферном давлении. Образованная суспензия в барабанном фильтре разделяется на твердый осадок – конверсионный карбонат кальция и раствор – аммиачная селитра. Описанным способом можно уменьшить количество железосодержащих примесей более чем на 50% и повысить белизну конечного продукта [16–20].

Заключение

Проанализированы способы очистки конверсионного карбоната кальция от примесей соединений железа, фосфора, фтора, стронция из исходного продукта – плава тетрагидрата нитрата кальция, обладающие своими достоинствами и недостатками. Для достижения высокой степени очистки плава нитрата кальция от примесей предлагается достаточное усложнение технологической схемы путем использования дополнительных реагентов или введения в схему ряда вспомогательных стадий.

Предложен способ извлечения кислотонерастворимых железосодержащих примесей из исходного плава нитрата кальция с целью получения более чистого побочного продукта – конверсионного карбоната кальция, что позволит расширить области его применения.

Литература

- 1 Тарчигина Н.Ф., Боровицкая Н.И. Вовлечение отходов производства минеральных удобрений в товарную продукцию // Успехи современной науки 2016. № 2. С. 63–66.
- 2 Харичев О.Е., Ефремов Г.И., Тарчигина Н.Ф., Чернова О.И. Получение фосфорных удобрений с добавками конверсионного карбоната кальция // Химическая технология 2015. Т. 16. № 3. С. 142–147.
- 3 Tolouei M., Nazari H., Naderan A., Nejad F. Effects of Calcium Carbonate Nanoparticles and Fly Ash on Mechanical and Permeability Properties of Concrete // Advances in Civil Engineering Materials 2018. V. 7. P. 253–258. doi: 10.1520/ACEM20180066
- 4 Thiriveni Thenepalli. A strategy of precipitated calcium carbonate (CaCO₃) fillers for enhancing the mechanical properties of polypropylene polymers // Korean Journal of Chemical Engineering. 2015. V. 32. P. 1009–1022. doi: 10.1007/s11814-015-0057-3
- 5 Xiaolei Huang. Ten-year long-term organic fertilization enhances carbon sequestration and calcium-mediated stabilization of aggregate-associated organic carbon in a reclaimed Cambisol // Geoderma 2019. V. 355 P. 799–815. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.113880
- 6 Прудников А.Д., Прудникова А.Г., Яненко Д.А. Эффективность внесения мелиорантов под кормовые культуры // Кормопроизводство 2014. № 8. С. 22–25.
- 7 Курбангалеева М.Х. Использование твердого отхода содового производства в качестве сырья для получения товарной продукции // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник трудов конференции. Москва, 2015. С. 59–62.
- 8 Чернышов Е.М., Черных Д.И., Потамошнева Н.Д. Композиты на основе утилизации техногенного (конверсионного) карбоната кальция: модели и возможные механизмы структурообразования // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура 2014. № 3 (35). С. 38–50
- 9 Рудакова Л.И., Нифталиев С.И., Натарова Е.С. Конверсионный карбонат кальция как наполнитель термопластов // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2017. Т. 60 № 4. С. 100–107
- 10 Пат. № 2459765, RU, C01F 11/36. Способ очистки нитрата кальция и полученные продукты / Эриксен Ф.Р., Эустада Х.К. № 2009137487/05; Заявл. 28.03.08; Оpubл. 28.03.08, Бюл. № 13.
- 11 Пат. № 2228906, RU, C01F 11/36, C05C 5/04, C05B 11/06. Способ очистки расплава или раствора нитрата кальция / Таук М.В., Черкасова Т.Н., Николаева И.И., Горшкова Н.В., № 2003114400/15; Заявл. 19.05.03; Оpubл. 19.05.03, Бюл. № 14.
- 12 Пат. № 2239601, RU, C01F 11/36, C05C 5/04. Способ получения очищенного раствора нитрата кальция / Сеземин В.А., Абрамов О.Б., Захарова О.М. № 2003133785/15; Заявл. 20.11.03; Оpubл. 10.11.04, Бюл. № 31.
- 13 Пат. № 2414425, RU, C01F 11/18. Способ получения карбоната кальция высокой чистоты / Факеев А.А., Вендило А.Г. № 2009125154/05; Заявл. 01.07.09; Оpubл. 20.03.11, Бюл. № 8.
- 14 Пат. № 2507154, RU, C01F 11/36, C05C 5/04. Способ получения очищенного раствора нитрата кальция / Мухачева Т.Е., Медянцева Д.Г., Захарова О.М., Климова О.С. и др. № 2012134849/05; Заявл. 14.08.12; Оpubл. 20.02.14, Бюл. № 5.
- 15 Тарчигина Н.Ф., Харичев О.Е., Капралова Н.С., Шаймурзина К.И. Некоторые аспекты технологических решений производства нитроаммофоски и повышения эффективности использования вторичных ресурсов посредством введения карбоната кальция в плав // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. Т. 7. № 5. С. 163–177.

16 Рудакова Л.И., Нифталиев С.И., Нечёсова Ю.М., Натарова Е.С. Аспекты применения конверсионного карбоната кальция – решение экологической проблемы утилизации // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 10. С. 14–19

17 Holcomb M., DeCarlo T.M., Schoepf V., Dissard D. et al. Cleaning and pre-treatment procedures for biogenic and synthetic calcium carbonate powders for determination of elemental and boron isotopic compositions // Chemical Geology. 2015. V. 398. P. 11-21. doi: 10.1016/j.chemgeo.2015.01.019

18 Schenk A.S., Zope H., Kim Y.Y., Kros A. et al. Polymer-induced liquid precursor (PILP) phases of calcium carbonate formed in the presence of synthetic acidic polypeptides—relevance to biomineralization // Faraday Discussions. 2012. V. 159. №. 1. P. 327-344. doi: 10.1039/C7RA07783A

19 Ihli J., Wong W.C., Noel E.H., Kim Y.Y. et al. Dehydration and crystallization of amorphous calcium carbonate in solution and in air // Nature communications. 2014. V. 5. №. 1. P. 1-10. doi: 10.1038/ncomms4169

20 Okhrimenko D.V., Nissenbaum J., Andersson M.P., Olsson M.H.M. et al. Energies of the adsorption of functional groups to calcium carbonate polymorphs: the importance of – OH and – COOH groups // Langmuir. 2013. V. 29. №. 35. P. 11062-11073. doi: 10.1021/la402305x

References

1 Tarchigina N.F., Borovitskaya N.I. Involvement of wastes from the production of mineral fertilizers in marketable products. Successes of modern science 2016. no. 2. pp. 63–66. (in Russian).

2 Kharichev O.E., Efremov G.I., Tarchigina N.F., Chernova O.I. Obtaining phosphorus fertilizers with additives of conversion calcium carbonate. Chemical technology. 2015. vol. 16. no. 3. pp. 142–147. (in Russian).

3 Tolouei M., Nazari H., Naderan A., Nejad F. Effects of Calcium Carbonate Nanoparticles and Fly Ash on Mechanical and Permeability Properties of Concrete. Advances in Civil Engineering Materials 2018. vol. 7. pp. 253–258. doi: 10.1520/ACEM20180066

4 Thriveni Thenepalli. A strategy of precipitated calcium carbonate (CaCO₃) fillers for enhancing the mechanical properties of polypropylene polymers. Korean Journal of Chemical Engineering 2015. vol. 32. pp. 1009–1022. doi: 10.1007/s11814-015-0057-3 (in Korean)

5 Xiaolei Huang. Ten-year long-term organic fertilization enhances carbon sequestration and calcium-mediated stabilization of aggregate-associated organic carbon in a reclaimed Cambisol. Geoderma. 2019. vol. 355. pp. 799–815. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.113880 (in Korean)

6 Prudnikov A.D., Prudnikova A.G., Yanenkov D.A. Efficiency of ameliorants introduction for fodder crops. Feed production. 2014. no. 8. pp. 22–25. (in Russian).

7 Kurbangaleeva M.Kh. The use of solid waste of soda production as a raw material for obtaining marketable products. Cities of Russia: problems of construction, engineering, improvement and ecology: proceedings of the conference. Moscow, 2015. pp. 59–62. (in Russian).

8 Chernyshov E.M., Chernykh D.I., Potamoshneva N.D. Composites based on the utilization of technogenic (conversion) calcium carbonate: models and possible mechanisms of structure formation. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture 2014. no. 3 (35). pp. 38–50. (in Russian).

9 Rudakova L.I., Niftaliev S.I., Natarova E.S. Conversion calcium carbonate as a filler for thermoplastics. Izvestiya vuzov. Chemistry and chemical technology. 2017. vol. 60. no. 4. pp. 100–107. (in Russian).

10 Eriksen F.R., Eustad H.K. Method of purification of calcium nitrate and obtained products. Patent RF, no. 2459765, 2008.

11 Tauk M.V., Cherkasova T.N., Nikolaeva I.I., Gorshkova N.V. Method of purification of a melt or solution of calcium nitrate. Patent RF, no. 2228906, 2003.

12 Sezemin V.A., Abramov O.B., Zakharova O.M. Method of obtaining a purified solution of calcium nitrate. Patent RF, no. 2239601, 2004.

13 Fakeev A.A., Vendilo A.G. Method of obtaining high purity calcium carbonate. Patent RF, no. 2414425, 2011.

14 Mukhacheva T.E., Medyantseva D.G., Zakharova O.M., Klimova O.S. et al. Method of obtaining a purified solution of calcium nitrate. Patent RF, no. 2507154, 2014.

15 Tarchigina N.F., Kharichev O.E., Kapralova N.S., Shaimurzina K.I. Some aspects of technological solutions for the production of nitroammophos and increasing the efficiency of the use of secondary resources by introducing calcium carbonate into the melt. Internet journal "Science Science". 2015. vol.7. no. 5. pp. 163–177. (in Russian).

16 Rudakova L.I., Niftaliev S.I., Nечёсова Ю.М., Natarova E.S. Aspects of using conversion calcium carbonate – solving the ecological problem of disposal. Ecology and Industry of Russia. 2018. vol. 22. no. 10. pp. 14–19. (in Russian)

17 Holcomb M., DeCarlo T.M., Schoepf V., Dissard D. et al. Cleaning and pre-treatment procedures for biogenic and synthetic calcium carbonate powders for determination of elemental and boron isotopic compositions. Chemical Geology. 2015. vol. 398. pp. 11-21. doi: 10.1016/j.chemgeo.2015.01.019

18 Schenk A.S., Zope H., Kim Y.Y., Kros A. et al. Polymer-induced liquid precursor (PILP) phases of calcium carbonate formed in the presence of synthetic acidic polypeptides—relevance to biomineralization. Faraday Discussions. 2012. vol. 159. no. 1. pp. 327-344. doi: 10.1039/C7RA07783A

19 Ihli J., Wong W.C., Noel E.H., Kim Y.Y. et al. Dehydration and crystallization of amorphous calcium carbonate in solution and in air. Nature communications. 2014. vol. 5. no. 1. pp. 1-10. doi: 10.1038/ncomms4169

20 Okhrimenko D.V., Nissenbaum J., Andersson M.P., Olsson M.H.M. et al. Energies of the adsorption of functional groups to calcium carbonate polymorphs: the importance of – OH and – COOH groups. Langmuir. 2013. vol. 29. no. 35. pp. 11062-11073. doi: 10.1021/la402305x

Сведения об авторах

Екатерина С. Натарова ассистент, кафедра фармацевтической химии и фармацевтической технологии, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, ул. Студенческая, 10, г. Воронеж, 394036, Россия, natarovaekaterina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6031-0786>

Юлия М. Нечёсова к.т.н., кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, malyavina.yulya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5700-3841>

Вклад авторов

Екатерина С. Натарова написала рукопись

Юлия М. Нечёсова консультация в ходе исследования, корректировка рукописи до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Ekaterina S. Natarova assistant, pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology department, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Studencheskaya st., 10, Voronezh, 394036, Russia, natarovaekaterina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6031-0786>

Yulia M. Nehcesova Dr. Sci. (Engin.), organic compounds technology, polymer processing and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, malyavina.yulya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5700-3841>

Contribution

Ekaterina S. Natarova wrote a manuscript

Yulia M. Nehcesova consultation during the research, correcting the manuscript before submitting it to the editor and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/01/2021	После редакции 18/02/2021	Принята в печать 03/03/2021
Received 21/01/2021	Accepted in revised 18/02/2021	Accepted 03/03/2021