

Нефтесорбенты на основе кремнезема, работающие в условиях пожара

Н. Ш. Лебедева, О. В. Потемкина, Е. В. Барина, Н. А. Таратанов

Предложен нефтесорбент на основе кремнезема, полученный методом Штобера. Оптимальная фракция выделена ступенчатым центрифугированием, средний размер частиц составил 90 нм. Режим сушки порошка подбирали с учетом результатов термогравиметрического исследования — выдерживание порошка при нагревании не более 80 °С при пониженном давлении. Доказано, что сорбент имеет аморфную природу, высокую удельную поверхность (более 300), совместим с огнетушащими средствами, не оказывая негативного влияния на устойчивость и кратность пены. Сорбционная емкость нефтесорбента не уменьшается в присутствии поверхностно-активных веществ. Синтезируемые наночастицы кремнезема обладают высокой седиментационной устойчивостью в водных средах, что обусловлено малым размером частиц и высоким содержанием гидроксильных групп на поверхности частиц. Изучены процессы адсорбции нефтепродуктов (бензинов), как индивидуальным кремнеземом, так и в составе с пенообразователями — натриевыми солями алкилсульфатов марки ПО-6ТС (марка А). Емкость индивидуального сорбента (кремнезема) составила 7 – 8 кг/кг. В присутствии пенообразователей сорбционная способность кремнезема по отношению к нефтепродуктам существенно увеличивается.

Ключевые слова: нефтесорбент, кремнезем, метод Штобера, огнетушащие средства, сорбционная способность, гидроксильные группы, тетраэтоксисилан, этанол, диэтиламин.

Введение

По подсчетам Национального Исследовательского Совета США ежегодно в воду попадает почти 1,5 млн. кубических метров нефти и нефтепродуктов, около 45 % утечек имеют естественные причины, 5 % нефти попадает в моря, океаны и озера в результате процесса добычи и производства. Транспортные аварии составляют 22 % подобных разливов. К сожалению, техногенные катастрофы различного масштаба неизбежны и для их ликвидации требуются новые эффективные сорбенты. Так как переработка и хранение нефти и нефтепродуктов — пожаровзрывоопасные технологии, то на каких промышленных предприятиях почти всегда имеются условия для возникновения и быстрого распространения пожара. В целях обеспечения пожарной безопасности при транспортировке, хранении, переработке и реализации нефти и продуктов ее переработки предприятия должны иметь на своем балансе современные эффективные сорбенты.

В настоящее время во всем мире очень активно ведутся разработки новых эффективных сорбентов продуктов нефтеразливов [1 – 3]. Анализ потенциальных проблем и опасностей позволяет сформулировать следующие основные требования, предъявляемые к сорбентам продуктов нефтеразливов:

- 1) высокая эффективность;
- 2) экологическая безопасность;
- 3) термостойкость при сборе нефтепродуктов в местах их возгорания;
- 4) сорбент и средства пожаротушения не должны терять своей активности при одновременном их использовании;
- 5) “плавучесть”, чтобы обеспечить возможность сбора нефтепродуктов;
- 6) возможность регенерации нефтепродуктов.

К сожалению, ни один из существующих сорбентов в настоящее время не отвечает всем перечисленным требованиям.

Цель данной работы — разработка сорбента, отвечающего всем требованиям предъявляемые к сорбентам разлива нефтепродуктов.

Материалы и методы исследований

Исходные реагенты: тетраэтоксисилан ($C_2H_5O)_4Si$ (ТЭОС) (марка “осч”); этанол C_2H_5OH (этиловый спирт “Медицинский”) 95%, из пищевого сырья марки “Люкс”; Диэтиламин $C_4H_{11}N = (C_2H_5)_2NH$ (марка “осч”).

Термогравиметрический анализ выполнен на термоаналитической установке, состоящей из дериватографа фирмы “МОМ” г.Венгрия и программно-аппаратного комплекса [4], позволяющей фиксировать четыре зависимости: изменения температуры (Т), изменения массы образца (ТГ) под действием температуры во времени, скорость изменения массы (ДТГ) и кривую дифференциального термического анализа (ДТА). Изменение энтальпии при испарении воды оценивали согласно [4].

Автоматический анализатор удельной поверхности и размера пор NOVA Series 1200e.

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили на дифрактометре “Дрон-3” (CuK_{α} -излучение, $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$, графитовый монохроматор). Угловая характеристика рассеянных лучей определяется положением счетчика (в угловых единицах), а их интенсивность — скоростью счета (имп./с). Размеры рабочих щелей составляли 0,25 мм. Съемку рентгеновского рассеяния проводили при температуре 298,15 К в диапазоне углов от 10 до 90° (2 θ). Погрешность измерения углов составляет 0,2°. Полученные дифрактограммы сравнивали с базой данных PDF2 международного комитета JCPDS от 2004 года.

Спектральные исследования были выполнены на спектрофотометре UNICO 2800.

Спектры мутности суспензий порошка кремнезема в воде измеряли на спектрофотометре СФ-26 с использованием кварцевых кювет (10 мм). Спектры мутности регистрировали в интервале длин волн 200 – 350 нм. Значение мутности рассчитывали в соответствии с рекомендациями [5] по формуле:

$$\tau_m = \frac{2,3D_{\lambda}}{l},$$

где D_{λ} — оптическая плотность раствора при длине волны λ ; l — толщина кюветы, мм.

Средний радиус частиц R рассчитывали по формуле:

$$R = \frac{\alpha\lambda_0}{2\pi\eta_0},$$

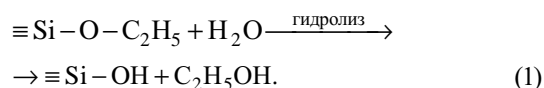
где λ_0 — среднее значение длины волны; η_0 — молярный коэффициент преломления; α — коэффициент, значение которого брали из литературных данных [5, 6]. Погрешность в определении среднего

радиуса частиц составляла не более 5%. Характерный размер частиц полученного материала находится в диапазоне от 75 до 90 нм.

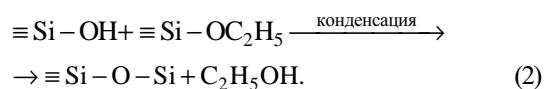
Емкость сорбента оценена анализатором содержания нефтепродуктов АН-2.

Синтез кремнезема

Существуют два основных способа получения диоксида кремния: первый — это пирогенный способ и второй — метод Штобера [7, 8]. Пирогенный способ обеспечивает получение диоксида кремния при очень высоких температурах, из-за высокой скорости реакции тетраэдры SiO_4 расположены хаотично, то есть кремнезем имеет аморфную структуру. Получаемые при пирогенном способе наночастицы имеют сферическую форму и размер от 7 до 40 нм, высокую удельную площадь поверхности — 50 – 300 м²/г [9]. Однако наночастицы пирогенного диоксида кремния практически не содержат гидроксильных групп на поверхности [9], присутствие которых необходимо для лучшей сорбционной работы сорбента в условиях пожара. Поэтому для получения наноразмерного диоксида кремния был использован метод Штобера. Процесс получения наночастиц начинается с гидролиза прекурсора, в нашем случае тетраэтоксисилана, приводящего к образованию силанольных групп ($Si-OH$) и спирта:



В результате последующей поликонденсации продуктов гидролиза между собой и с негидролизованным этоксисилоаном образуются силоксаны ($-Si-O-Si-$) и выделяется этанол:



В процессе формирования наночастиц за счет большого количества силоксановых мостиков в реакционной среде, в растворе сначала образуется золь, а затем гель, в котором молекулы растворителя заключены в гибкую, но достаточно устойчивую трехмерную сетку, образованную частицами диоксида кремния. Многочисленные экспериментальные данные показывают, что свойства синтезированных наночастиц по методу Штобера зависят от используемого катализатора, температуры и других условий протекания процесса.

При варьировании перечисленных факторов подобраны условия синтеза, обеспечивающие получение наночастиц кремнезема с заданными свойствами. Условия синтеза следующие.

В реакционный сосуд помещали ТЭОС в количестве 10 – 15 мл растворенного в 80 – 85 мл этанола. Для протекания гидролиза в реакционную среду добавляли воду, в молярном соотношении ТЭОС : вода = 1 : 4. В качестве катализатора использовали диэтиламин, который вводили порциями по 0,1 г, каждые 20 – 30 мин, в течение 5 ч. По окончании добавления всего необходимого объема раствора катализатора реакционную смесь интенсивно перемешивали в течение трех – четырех суток. Полученную суспензию трижды промывали дистиллированной водой, с целью удаления непрореагировавших исходных реагентов. Необходимые по размерам наночастицы (не более 90 нм), выделяли ступенчатым центрифугированием: в начале при 7000 оборотах осаждались частицы, размер которых превышал 120 нм. Осевшие крупные частицы отделяли от раствора и оставшуюся смесь вновь разбавляли дистиллированной водой с последующим ее центрифугированием при 12000 оборотах для осаждения наночастиц размером менее 100 нм. Наночастицы размером менее 100 сушили с учетом результатов термогравиметрического исследования, при нагревании не более 80°C и пониженном давлении.

Результаты и их обсуждение

Структура и физико-химические свойства кремнезема

Рентгенограммы синтезированных частиц, характеризовались наличием широкой полосы без мультиплетных пиков, подтверждая аморфную природу синтезированного кремнезема. Съемку рентгенограмм проводили при температуре 298,15 К в диапазоне углов наклона от 10 до 90° (2θ) с погрешностью измерения углов 0,2°.

Далее методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота была измерена удельная площадь

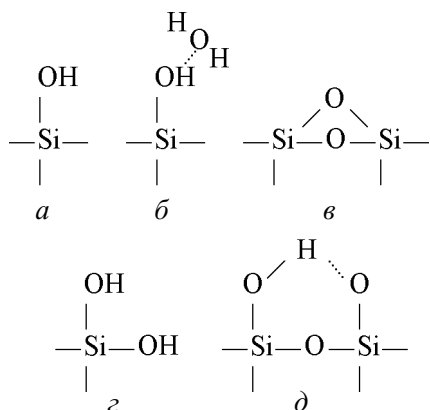


Рис. 1. Виды групп на поверхности кремнезема.

поверхности синтезированного материала, которая составила 240 м²/г, что свидетельствует о малом количестве пор гибридного материала. При этом объем пор равен 0,029 см³/г, средний размер которых составил 10 нм. Исходя из этого можно сделать вывод, что синтезированный материал относится к мезо-пористым материалам.

Средний размер синтезируемых наночастиц определяли по спектрам мутности порошка в воде при помощи спектрофотометра СФ-26. Согласно полученным результатам средний размер полученных наночастиц (SiO₂)_n в водных средах лежит в интервале от 75 до 90 нм, что обеспечивает наноразмерному диоксиду кремния седиментационную устойчивость.

Для потенциальных сорбентов нефтеразливов значимым фактором является их поведение в термоокислительной атмосфере. Кремнезем не зависимо от его строения не представляет пожарную опасность. Однако при термическом воздействии может существенно изменяться его поверхность, так как на поверхности кремнезема имеются силанольные и силоксановые группы. По данным [10, 11] на поверхности кремнезема в различных соотношениях может находиться до 5 видов групп (рис. 1):

- силанольная (связанная) вода — свободные, отдельно стоящие ОН-группы;
- связанная вода — молекулы воды, имеющие водородные связи с силанольными группами;
- дегидратированные оксиды — силоксановые группы;
- близнецовые (геминальные) группы ОН, связанные с одним атомом кремния;
- реакционноспособные вицинальные группы ОН, преобладающие в тонкопористых кремнеземах — соседние, близко расположенные ОН-группы, связанные между собой водородной связью.

Наличие связанных и отдельно стоящих гидроксильных групп, их расположение на поверхности аморфного кремнезема, степень дегидроксилирования поверхности, степень ее упорядоченности, наряду с размером частиц обуславливает седиментационную устойчивость частиц сорбента. Данный вопрос особенно актуален для сорбентов нефтеразливов. Поэтому следующим этапом работы было термогравиметрическое исследование синтезированного наноразмерного диоксида кремния.

На рис. 2 представлены результаты термогравиметрических исследований наноразмерного кремнезема.

На полученной типичной термограмме явно прослеживаются два этапа термической дегидратации. На первом этапе до 145 °С происходит

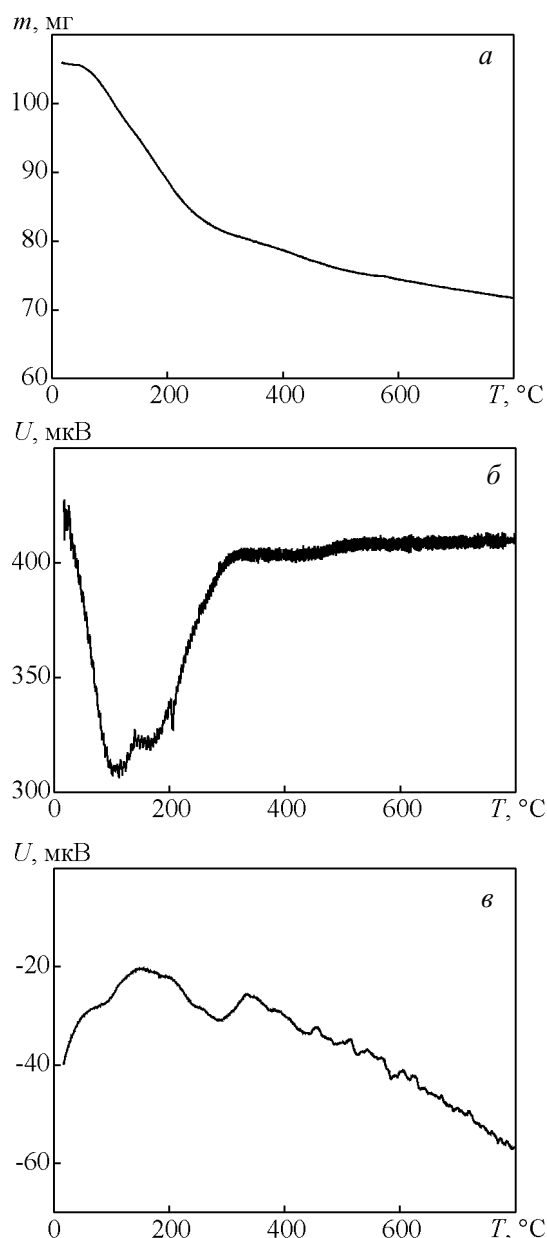


Рис. 2. Результаты термогравиметрических исследований наноразмерного кремнезема: *а* – термогравиметрия, *б* – дифференциальная термогравиметрия, *в* – дифференциальный термический анализ.

удаление слабосвязанной адсорбированной воды, изменение энтальпии испарения которой составляет около $30 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$. Следующий, более высокотемпературный этап, характеризуется значительно большим изменением энтальпии при испарении воды. При этом на кривой ДТА (рис. 2в) фиксируется экзо-эффект. Регистрируемые изменения позволяют заключить, что на данном этапе происходит удаление воды, образованной за счет конденсации соседних

гидроксогрупп, — дегидроксилирование. Следует также отметить, что по данным [12] в температурном интервале от 200 до 300 °C осуществляется удаление воды из внутреннего объема кремнезема. Эта так называемая “внутренняя” вода находится в частицах кремнезема в виде внутренних групп SiOH, которые образуются в процессе агрегирования начальных частиц кремнекислоты. Такие внутренние группы SiOH могут образоваться в результате диффузии молекул воды внутрь твердой структуры аморфного кремнезема на расстоянии до 15 нм, причем такие группы SiOH являются спаренными, то есть две OH-группы находятся у одного атома кремния (геминальные силанольные группы).

Основываясь на литературных данных [10–13], содержание свободных силанольных групп в кремнеземах, нагретых до 600 и 1100 °C составляет 0,3 и 0,02 доли поверхности, то есть при достижении 1100 °C свободных силанолов практически не остается, таким образом было вычислено процентное содержание свободной и связанной воды в синтезированном наноразмерном диоксиде кремния. Совместное содержание составило порядка 43%, что является достаточным для обеспечения седиментационной устойчивости синтезированных наночастиц кремнезема — потенциальных сорбентов нефти и нефтепродуктов.

Свойства кремнезема

В лаборатории Ивановского химического завода ОАО “ИвХимпром” проведены испытания сорбционной способности $(\text{SiO}_2)_n$ по отношению к нефтепродуктам в водных средах при наличии и отсутствии ПАВ. По результатам полученных исследований емкость сорбента составила 7–8 кг/кг. Сорбционную емкость синтезируемого диоксида кремния оценивали в растворах, а количество не сорбированного нефтепродукта — спектрально.

Дальнейшие исследования сорбционной способности при совместном внесении синтезированного кремнезема и пенообразователей оказались неожиданными.

Так проведенные исследования показали, что наличие ПАВ способствуют адсорбции нефтепродуктов. Предположительно, причиной данного явления, вероятно, является иное состояние адсорбционной поверхности кремнезема в присутствии ПАВ.

Для этого пенообразователи на основе натриевых солей алкилсульфатов марки ПО-6ТС (марка А) смешивали с водой для получения 6%-го раствора и добавляли сорбент в количественном соотношении

0,2 г сорбента на 1000 мл раствора [14]. Полученную смесь встряхивали до получения однородного раствора.

Испытания качества пенообразователя, содержащего сорбент были проведены, также в лаборатории Ивановского химического завода ОАО «ИвХимпром». Проведенные испытания показали, что присутствие наноразмерного диоксида кремния не оказывает влияния на огнетушащую способность и основные характеристики пенообразователя. При этом исследование седиментативной устойчивости наночастиц показали, что в воде и водных растворах ПАВ сорбент устойчив не менее 2 недель.

Выводы

Синтезированный наноразмерный кремнезем обладает высокой сорбционной способностью по отношению к нефтепродуктам, абсолютно не горюч, обладает седиментативной устойчивостью в воде и водных растворах в течение длительного времени.

Присутствие наноразмерного диоксида кремния не оказывает влияния на огнетушащую способность и основные характеристики пенообразователя. При этом сорбционная емкость нефлесорбента в присутствии пенообразователя возрастает, что позволяет использовать наноразмерный кремнезем полученного методом Штобера в качестве сорбента нефти и нефтепродуктов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-43-03082 р_центра_а).

Литература

1. Teas Ch., Kalligeros S., Zanikos F., Stournas S., Lois E. Investigation of the effectiveness of absorbent materials in oil spills clean up. *Desalination*, 2001, v. 140 (3), p. 259 – 264. DOI: 10.1016/S0011-9164 (01) 00375-7
2. Fajun Wang, Sheng Lei, Mingshan Xue, Junfei Ou, Wen Li. In situ separation and collection of oil from water surface via a novel superoleophilic and superhydrophobic oil containment boom. *Langmuir*, 2014, v. 30 (5), p. 1281 – 1289. DOI: 10.1021/la403778e
3. Nikkhah A.A., Zilouei H., Asadinezhad A., Keshavarz A. Removal of oil from water using polyurethane foam modified with nanoclay. *Chemical Engineering Journal*, 2015, v. 262, p. 278 – 285. doi:10.1016/j.cej.2014.09.077
4. Лебедева, Н.Ш., Якубов С.П., Кинчин, А.Н., Вьюгин А.И. Программно-аппаратный комплекс для измерения сигналов дериватографа 1000D и компьютерная обработка данных термогравиметрического анализа. *Журнал физической химии*, 2005, т. 79, № 5, с. 955 – 960.

5. Bergna H.E., Roberts W.O. *Colloidal Silica: Fundamentals and Applications*, 2005, Science, 897 p.
6. Babicka F., Groppa S., Kätzelb U., Vorbau M. Dynamic light scattering of dispersed fumed silica aggregates. *Powder Technology*, 2012, v. 217, p. 39 – 45. doi:10.1016/j.powtec.2011.10.064
7. Stober W., Fink A., Bohn E. Controlled growth of monodisperse silica spheres in micron size range. *Colloid Interface Sci.*, 1968, v. 26, p. 62 – 69.
8. Ares J.R., Cuevas F., Percheron-Guegan A. Influence of thermal annealing on the hydrogenation properties of mechanically milled AB5-type alloys. *Materials Science and Engineering B*, 2004, v. 108, no. 1 – 2, p. 76 – 80.
9. Ismail Ab Rahman, Vejayakumaran Padavettan. Synthesis of silica nanoparticles by sol-gel: size-dependent properties, surface modification, and applications in silica-polymer nanocomposites — a review. *Journal of Nanomaterials. Special issue on Synthesis, Properties, and Applications of Polymeric Nanocomposites*, 2012, v. 2012, article No. 8. doi:10.1155/2012/132424
10. Журавлев, Л.Т., Потапов, В.В. Плотность силанольных групп на поверхности кремнезема, осажденного из гидротермального раствора. *Журнал физической химии*, 2006, v. 80, № 7, p. 1272 – 1282.
11. Zhuravlev L.T. The surface chemistry of amorphous silica. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2000, v. 173, no. 1, p. 1 – 38.
12. *Химия привитых поверхностных соединений*. Под ред. Г. В. Лисичкина. М.: Физматлит, 2003, 592 с.
13. Dorcheh A.S., Abbasi M.H. Silica aerogel; synthesis, properties and characterization. *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, v. 199, no. 1, p. 10 – 26.
14. Потемкина О.В., Малый И.А., Лебедева Н.Ш., Щепочкина Ю.А., Акулова М.В. Способ приготовления средства для тушения пожара и сорбирования нефтепродуктов. Патент РФ № 2471527, Бюл. № 1. 10.01.2013.

References

1. Teas Ch., Kalligeros S., Zanikos F., Stournas S., Lois E. Investigation of the effectiveness of absorbent materials in oil spills clean up. *Desalination*, 2001, vol. 140, iss. 3, pp. 259 – 264. DOI: 10.1016/S0011-9164 (01) 00375-7
2. Fajun Wang, Sheng Lei, Mingshan Xue, JunfeiOu, Wen Li. In situ separation and collection of oil from water surface via a novel superoleophilic and superhydrophobicoil containment boom. *Langmuir*, 2014, vol. 30, iss. 5, pp. 1281–1289. DOI: 10.1021/la403778e.
3. Nikkhah A.A., Zilouei H., Asadinezhad A., Keshavarz A. Removal of oil from water using polyurethane foam modified with nanoclay. *Chemical Engineering Journal*, 2015, vol. 262, iss. 15, pp. 278–285, doi:10.1016/j.cej.2014.09.077.
4. Lebedev N.W., Yakubov S.P., Khinchin A.N., Vyugin A.I. Hardware-software complex for measuring signals derivatograph 1000D and computer processing of data of thermogravimetric analysis. *Zhurnal fizicheskoi khimii* —

- Russian Journal of Physical Chemistry A*, vol. 79, no. 5, pp. 955 – 960.
5. Bergna H.E., Roberts W.O. *Colloidal Silica: Fundamentals and Applications*, 2005, CRC Press, 944. p.
 6. Babicka F., Groppa S., Kätzelt U., Vorbau M. Dynamic light scattering of dispersed fumed silica aggregates. *Powder Technology*, 2012, vol. 217, pp. 39 – 45, doi:10.1016/j.powtec.2011.10.064.
 7. Stober W., Fink A., Bohn E. Controlled growth of monodisperse silica spheres in micron size range. *Colloid Interface Sci.*, 1968, no. 26, pp. 62 – 69.
 8. Ares J.R., Cuevas F., Percheron-Guegan A. Influence of thermal annealing on the hydrogenation properties of mechanically milled AB5-type alloys. *Materials Science and Engineering B*, 2004, vol. 108, no. 1 – 2, pp. 76 – 80.
 9. Rahman I.A., Padavettan V. Synthesis of silica nanoparticles by sol-gel: size-dependent properties, surface modification, and applications in silica-polymer nanocomposites — a review. *Journal of Nanomaterials*, Special issue on Synthesis, Properties, and Applications of Polymeric Nanocomposites, 2012, January, article no. 8, doi:10.1155/2012/132424.
 10. Zhuravlev L.T., Potapov V.C. The density of silanol groups on the surface of silica deposited from hydrothermal solution. *Journal of physical chemistry — Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2006, vol. 80, no. 7, pp. 1272 – 1282.
 11. Zhuravlev L.T. The surface chemistry of amorphous silica. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2000, vol. 173, no. 1, pp. 1 – 38.
 12. Lisichkina G.C. *Khimiya privitykh poverkhnostnykh sovedineniy* [Chemistry grafted surface compounds]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2003, 592 p.
 13. Dorcheh A.S., Abbasi M.H. Silica aerogel; synthesis, properties and characterization. *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, vol. 199, no. 1, pp. 10 – 26.
 14. Potemkina O.V., Maliy I.A., Lebedeva N.Sh., Shapochkina Ju.A., Akulova M.V. Method of preparing the tools for fire fighting and zombirovaniya petroleum products. RF patent 2471527, 10.01.2013. Bul. no. 1.

Статья поступила в редакцию 12.05.2015 г.

Лебедева Наталья Шамильевна — ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33), доктор химических наук, доцент, профессор кафедры естественнонаучных дисциплин, специалист в области физической химии растворов макроциклических соединений. E-mail: nat.lebede2011@yandex.ru.

Потемкина Ольга Владимировна — ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, Иваново, просп. Строителей, 33), кандидат химических наук, заместитель начальника академии по учебной работе, подполковник внутренней службы, специалист в области органической химии. E-mail:

Барина Елена Васильевна — ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33), кандидат химических наук, научный сотрудник НИО УНК “Государственный надзор”, майор внутренней службы, специалист в области физической химии. E-mail: lenok-ch@list.ru

Таратанов Николай Александрович — ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33), кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры государственного надзора и экспертизы пожаров (в составе УНК “Государственный надзор”), капитан внутренней службы, специалист в области функциональных композиционных материалов, радиопоглощающих материалов, керамических материалов, наноматериалов, каталитических систем, магнитных материалов, полимерных материалов. E-mail: taratanov_n@mail.ru

Petrosorbents on the basis of silicon dioxide, working in the conditions of the fire

N. Sh. Lebedeva, O. V. Potemkina, E. V. Barinova, N. A. Taratanov

Proposed sorbent oil products on the basis of silica, obtained by the method of Stober. The optimal fraction allocated speed centrifugation, the average particle size was 90 nm. The mode of drying powder were selected based on the results of thermogravimetric studies and was limited to maintaining the powder when heated to 80°C under reduced pressure. It is proved that the sorbent has an amorphous nature, high specific surface area (more than 300), compatible with fire-extinguishing means, without having a negative impact on the stability and the ratio of the foam. The sorption capacity of neteconet not reduced in the presence of surfactants. Synthesized nanoentity silica have a high sedimentation stability in aqueous media, due to small particle size and high content of hydroxyl groups on the particle surface. We studied the adsorption processes of petroleum products (gasoline), individual silica, and the composition of the foaming agents sodium salts of alkylsulfates brand-TS (grade A). The capacity of the individual sorbent (silica) amounted to 7 – 8 kg/kg In the presence of blowing agents sorption capacity of silica in relation to oil products increased significantly.

Keywords: oil sorbent, silica, method of Stober, extinguishing media, sorption capacity, hydroxylgroup, tetraethoxysilane, ethanol, diethylamine.

Lebedeva Natalia — Ivanovo Fire and Rescue Academy of Russian Ministry for Emergency Situations (Russia, 153040, Ivanovo, pr. Builders, 33). DrSci (Chem), associated professor, specialist in the field of physical chemistry of solutions of macrocyclic compounds. E-mail: nat.lebede2011@yandex.ru.

Potemkina Olga — Ivanovo Fire and Rescue Academy of Russian Ministry for Emergency Situations (Russia, 153040, Ivanovo, pr. Builders, 33). PhD, deputy head, lieutenant colonel of internal service, expert in the field of organic chemistry.

Barinova Elena — Ivanovo Fire and Rescue Academy of Russian Ministry for Emergency Situations (Russia, 153040, Ivanovo, pr. Builders, 33). PhD, researcher of State supervision department, major of internal service, specialist in the field of physical chemistry. E-mail: lenok-ch@list.ru.

Taratanov Nikolay — Ivanovo Fire and Rescue Academy of Russian Ministry for Emergency Situations (Russia, 153040, Ivanovo, pr. Builders, 33). PhD(chem), senior lecturer of the Department of state supervision and examination of fire (State supervision department), captain of internal service, specialist in the field of functional composite materials, radar absorbing materials, ceramic materials, nanomaterials, catalytic systems, magnetic materials, polymer materials. E-mail: taratanov_n@mail.ru