

УДК 614.8

**ОГНЕТУШАЩИЕ ПОРОШКИ (КРАТКИЙ ОБЗОР)**

С.Н. БОБРЫШЕВА, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры,  
 В.Б. БОДНАРУК, старший преподаватель кафедры,  
 Л.О. КАШЛАЧ, преподаватель кафедры,  
 П.А. ФЕДОСОВ, магистрант

УО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь,  
 г. Гомель, Республика Беларусь

Представлен краткий анализ существующих составов огнетушащих порошков, а также технологий их производства. Обоснована необходимость и показана возможность разработки рецептур ОПС с использованием отечественных компонентов и применением методов нанотехнологий.

**Ключевые слова:** огнетушащие порошковые составы, активная основа, дисперсность, гидрофобность, модифицирование, планетарная мельница, классификатор

**Введение.** Стремительный рост мегаполисов, энергонапряженность современного производства, изменение климата повышают угрозу техногенных и природных аварий и катастроф. Динамика жизни значительно опережает возможности обеспечения безопасного уровня жизнедеятельности. Технологические процессы и появление новых веществ и материалов сопровождается ростом пожарной опасности, снижение которой невозможно традиционными способами. Все большее значение и актуальность для этих целей приобретают универсальные методы и средства, обеспечивающие оперативность и эффективность тушения пожаров. Часто единственно возможным решением таких задач является применение огнетушащих порошковых составов (ОПС) (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Области использования ОПС

Класс пожара	Вид горючего материала	Вода	Пена	Углекислота	Хладоны	ОПС
А	древесина, пластмасса, текстиль, бумага, уголь	++	+	+	+	+++
В	ЛВЖ, ГЖ сжиженные газы, нефтепродукты	—	++	+	++	+++
С	Газообразные горючие вещества	+	—	—	++	+++
Д	Легкие металлы и их сплавы	—	—	—	—	+
Е	Электрооборудование под напряжением	—	—	—	—	+++

Примечание: — применение неэффективно или недопустимо; + тушение может быть достигнуто; ++ хорошее средство тушения; +++ наиболее эффективное средство тушения.

Первые упоминания об использовании твердых измельченных материалов для тушения пожаров относятся к 18 веку. Огнетушащий порошок состав, состоящий из алюминиевых квасцов  $AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , был применен в г. Эслинген (Eslingen, Германия). Однако до второй мировой войны порошковое огнетушение не получило широкого распространения. Лишь после разработки новых технологий измельчения материалов огнетушащие порошки начали широко применять для тушения пожаров. В дальнейшем рецептура и технологии подачи ОПС подверглись значительному совершенствованию. В прошлом веке разработку и исследование ОПС осуществлял Всесоюзный научно - исследовательский институт противопожарной обороны (ВНИИПО) и Научно - исследовательский институт общей химии (НИИОХ). Большой вклад в развитие этого направления внесли А.Н. Баратов, Л.П. Вогман, М.Н. Вайсман, В.В. Добриков, А.М. Умнягин и др. [1].

В мировой практике в последнее время наблюдается увеличение разработок по созданию многоцелевых и универсальных ОПС. Существуют многоцелевые ОПС, которые кроме основной функции огнетушения позволяют адсорбировать газообразные продукты горения, снижая экологический ущерб пожара. Что касается создания универсальных ОПС, то решение такой задачи принципиально невозможно вследствие различных механизмов горения веществ и материалов и соответственно их тушения, однако в настоящее время путем варьирования состава, комбинации активных основ серийно производятся и активно используются ОПС для тушения пожаров классов ВСЕ, АВСЕ и т. д. [1].

Огнетушащее действие ОПС основано на сочетании различных механизмов. Вариации состава позволяет усилить тот или иной механизм в зависимости от класса пожара или сочетать несколько механизмов для обеспечения большей универсальности действия (таблица 2) [1].

Таблица 2 – Механизмы огнетушащего действия ОПС

Физический и химический факторы подавления горения	Класс пожара			
	A	B	C	D
Гетерогенное ингибирование	+	+++	+++	
Гомогенное ингибирование	+	+	+	
Изолирование	+++			+++
Экранирование	+	++	++	+
Огнепреграждение		+	+	
Охлаждение	+	+	+	+
Разбавление горючей среды		+	+	

Примечание: + фактор оказывает действие; ++ существенный вклад фактора в механизм подавления горения; +++ основной вклад фактора подавления горения.

Как и любые другие средства огнетушения ОПС кроме значительных преимуществ имеют и некоторые недостатки (рисунок 1).

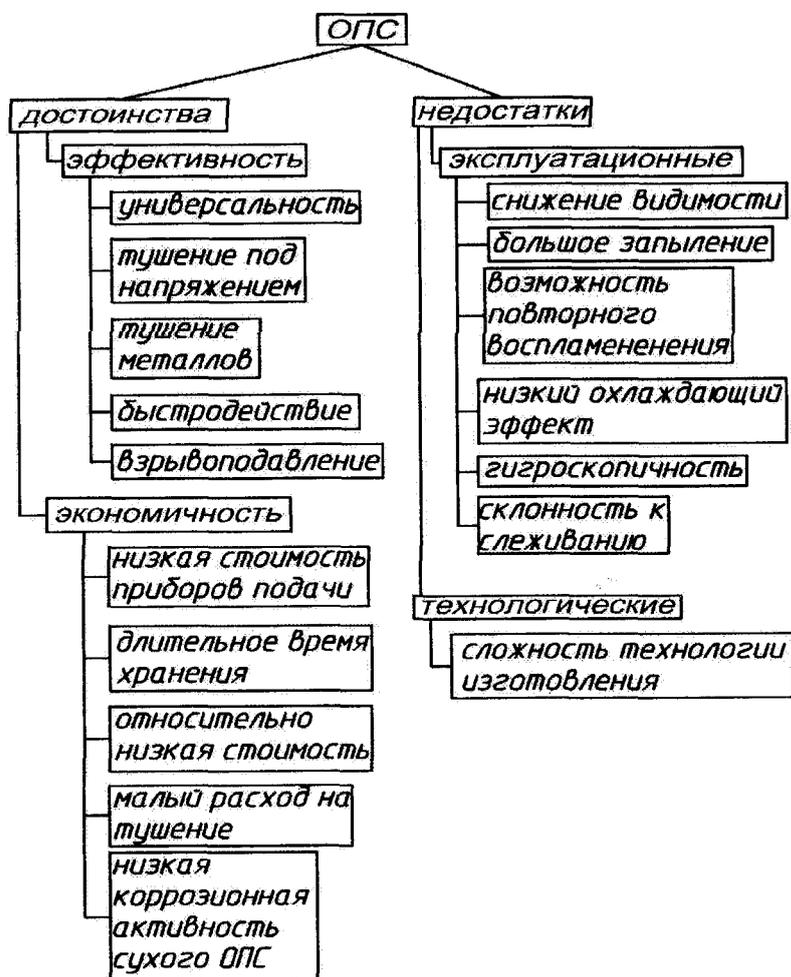


Рисунок 1 – Достоинства и недостатки ОПС

На современном этапе производство ОПС основано на серийно применяемой и наиболее экономичной размольно-смесительной технологии. В этом случае вклад в огнетушение вносит и такой функционально значимый параметр, как дисперсность каждого компонента. Известно математическое выражение зависимости огнетушащей способности от дисперсности порошков, которое показало ее повышение на несколько порядков при переходе к нанодисперсному диапазону [3,4]. В связи с этим в производстве ОПС очень важен выбор и применение эффективного оборудования, обеспечивающего процесс размола. Современные достижения в области нанотехнологий компонентов ОПС позволяют получить необходимую дисперсность.

**Современные составы.** Все ОПС являются сложными композиционными системами. В качестве основной активной составляющей ОПС применяются минеральные соли, которые являются гигроскопичными веществами, поэтому и ОПС в целом в сильной степени подвержены слеживаемости, в результате чего снижается текучесть порошка. Требуется специальная их обработка или подбор технологической добавки для улучшения эксплуатационных свойств. Выбор функциональных добавок обусловлен задачей обеспечения эксплуатационных и технологических свойств. Кроме того, в состав ОПС вводятся инертные наполнители для снижения стоимости без ухудшения основных параметров. На рисунке 2 представлена принципиальная схема состава ОПС.

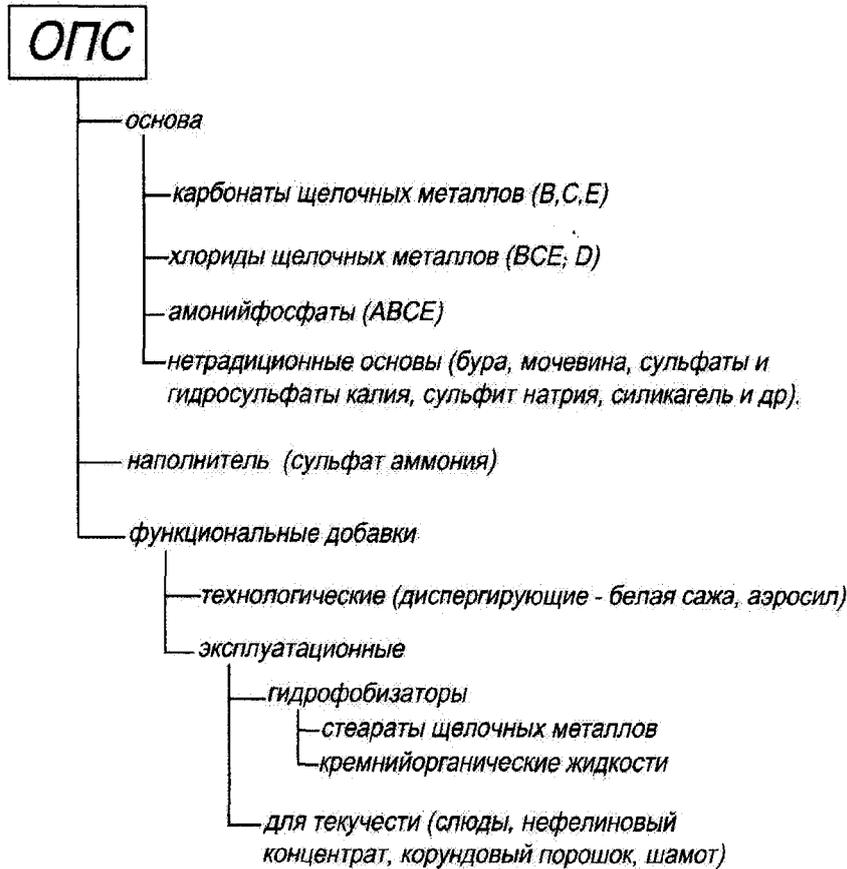


Рисунок 2 – Принципиальная схема состава огнетушащих порошков

**Современные технологии.** Классическая технологическая схема производства огнетушащих порошков включает в основном процессы диспергирования, смешения и сушки, комбинируемые в различной последовательности, совмещении, разделении (рисунок 3).

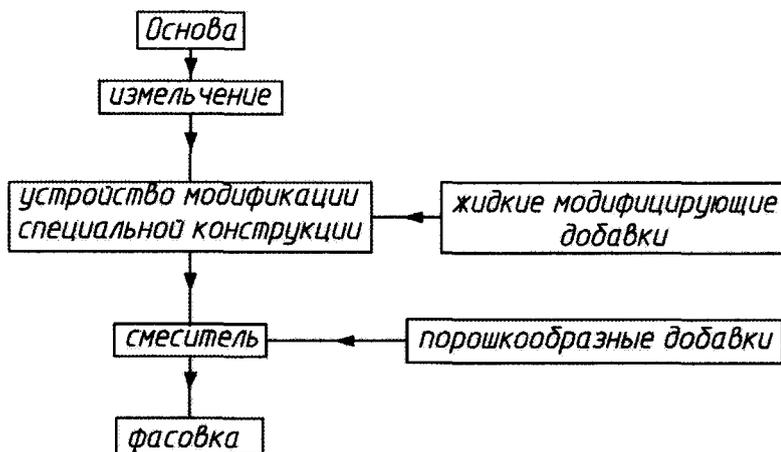


Рисунок 3 – Технологическая схема производства ОПС

На современном этапе развития науки и техники получение порошков диспергированием твердых тел производится в мельницах различных конструкций (шаровых, вибрационных, виброкавитационных, коллоидных, суспензионных, бисерных), которые позволяют измельчать вещество до необходимых размеров [4]. В ходе механической обработки происходит изменение химической активности за счет аккумулялирования мо-

лекулами минерала кинетической энергии воздействия. Приоритетное направление в настоящее время получают методы нанотехнологий, которые по наиболее смелым прогнозам позволяют создавать любые материалы и изделия [3]. Достижения в области нанотехнологий закономерно востребованы и при разработке современных средств ликвидации чрезвычайных ситуаций, в частности ОПС. В отличие от известных огнетушащих порошков, свойства которых в наибольшей мере определялись объемом, нанодисперсные материалы отличаются особыми свойствами, обусловленными высокой поверхностной энергией [4]. Управляя свойствами рассматриваемых структур (в частности их дисперсностью), можно значительно повысить такие эксплуатационные свойства как огнетушащая способность.

Энергетическое воздействие на исходные компоненты приводит к измельчению. КПД процесса может быть очень разным в зависимости от используемого метода, оборудования и требуемой дисперсности. Необходимо отметить, что дисперсность компонентов ОПС является очень важным фактором, влияющим на их физико-химические, технологические и эксплуатационные свойства. Так для активной основы ОПС размер частиц не должен превышать 40 мкм, т.к. большие частицы при взаимодействии с углеводородными пламенами не успевают нагреться и испариться, что в этом случае исключает вклад механизма гомогенного ингибирования горения, а дисперсность опудривающих добавок типа аэросила или водонерастворимых минералов, выполняющих функцию водоотталкивания, должна быть не менее  $8 \cdot 10^3 \text{ см}^2/\text{г}$  [1]. В настоящее время разрабатываются синтетические методы, представляющие собой комбинацию классических, например, механо-химический метод получения наноматериалов, обеспечивающий не только требуемую дисперсность за счет размола вещества в присутствии ПАВ, но и исключая агрегацию частиц в результате адсорбции этих ПАВ и снижения их поверхностной энергии, что позволяет надежно стабилизировать систему [5].

**Проблемы разработки и получения ОПС.** Расширение ассортимента порошков как средств тушения пожаров различных классов и опасности имеет большие перспективы в будущем и возможно в нескольких направлениях, которые глобально можно определить как повышение их экономической, экологической и эксплуатационной эффективности путем совершенствования существующих и разработки новых рецептур, а также применения современных технологий.

Аналитический обзор применения минеральных ископаемых, используемых в качестве активной основы, и наполнителей в составе огнетушащих порошков показал, что перспективы использования и повышения эффективности могут заключаться в реализации их структурного потенциала посредством использования нанотехнологий. Снижение размеров частиц до нанодисперсного, с одной стороны, повышает огнетушащую способность порошка, с другой – затрудняет как сам процесс получения, так и сохранения его эксплуатационных характеристик (в результате агломерации и реакционной способности). Наиболее широко используемые минеральные компоненты ОПС являются гидрофильными веществами, склонными к влагопоглощению, слеживанию при хранении и эксплуатации в емкостях ручных, передвижных и стационарных систем порошкового пожаротушения, поэтому существует необходимость поиска надежных, качественных функциональных добавок, компонентов, модификаторов, обеспечивающих гидрофобные свойства ОПС в целом. Высокая поверхностная энергия нанодисперсных материалов способствует активации всех физико-химических процессов. Это преимущество нанодисперсных материалов можно целенаправленно использовать для обеспечения функциональных свойств. Существует несколько способов модификации нанодисперсных систем [5]. Наиболее распространенные это опудривание гидрофобными высокодисперсными веществами или химическая модификация. Однако каждый

метод имеет свои недостатки. Так предпочтительное использование гидрофобного аэрозоля сдерживается его дефицитностью и дороговизной, а кремнийорганических модификаторов - необходимостью использования органических растворителей для их нанесения [6]. Но при выборе оптимального способа приоритетными являются не только наименьшая затратность, но и техническая оснащённость процесса. Серийно применяемой и наиболее экономичной при производстве ОПС является размольно-смесительная технология, однако применяемое стандартное оборудование не позволяет получать порошки требуемой дисперсности. В таких случаях необходима разработка принципиально нового оборудования. Получить требуемую дисперсность порошковых компонентов позволяет применение планетарных мельниц совместно с классификатором (рисунок 4).

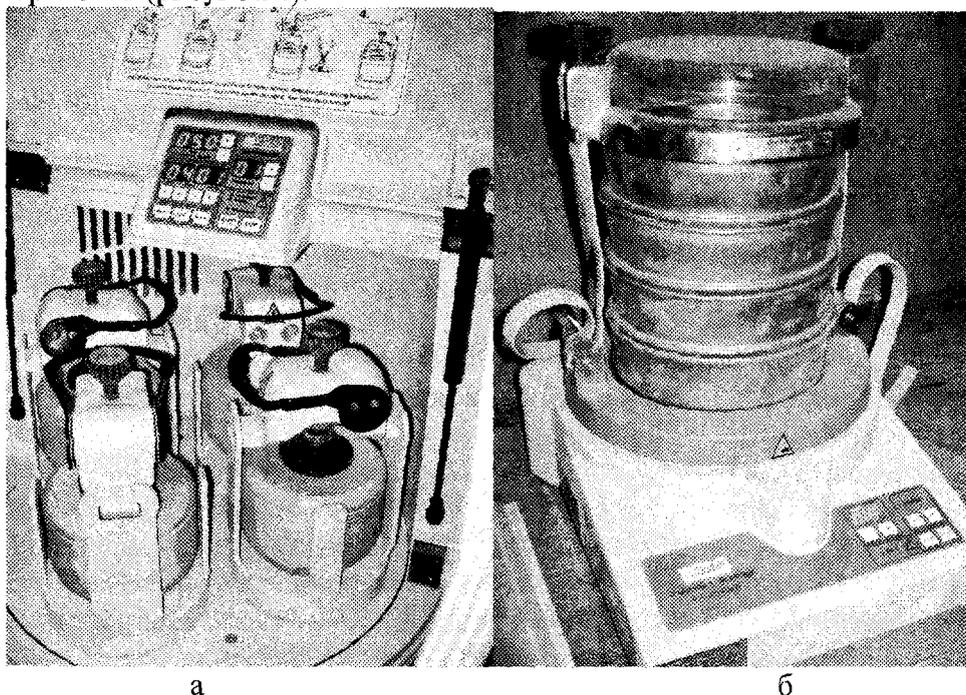


Рисунок 4 – Планетарная мельница (а) с классификатором (б)

В настоящее время такие комплексы малой производительности применяются в лабораторных условиях и для малых производств. Перспективно использование современного синтетического метода механохимии, позволяющего решить задачи измельчения, классификации, модифицирования с помощью бисерной мельницы (рисунок 5).

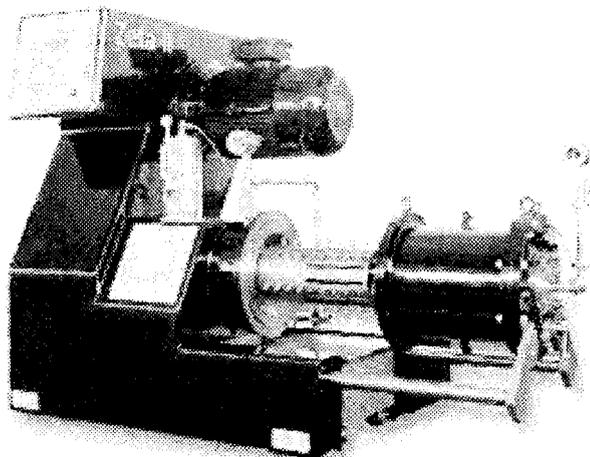


Рисунок 5 – Бисерная мельница

Таким образом, анализ существующих проблем в области разработки и получения ОПС показал возможность их решения с привлечением достижений нанотехнологий и использования современного комплекса размольно-смесительного оборудования.

**Перспективы производства и применения в Республике Беларусь.** Для оценки перспектив организации производства ОПС в Республике Беларусь авторы статьи исходили из утверждения: лучшие результаты должны покрывать расходы, затраченные на их достижение, т.е. применяемая технология должна использовать по возможности отечественное сырье, оборудование и быть эффективной, малоэнергоёмкой и конкурентноспособной. В Республике Беларусь для снаряжения средств порошкового тушения используются ОПС российского производства типа «Вексон», однако, как показал опыт его эксплуатации, приоритеты в стоимостном показателе достигаются за счет качества, т.е. приобретается более дешёвая марка «Вексона». В настоящее время порошковые средства используются редко ввиду затратности, хотя во многих случаях применение ОПС более целесообразно. Потребности в ОПС по сведениям областных и городских подразделений МЧС составляют не более 100 тонн в год. Эта цифра не отражает реальной потребности, т.к. широкое применение сдерживается необходимостью экономить их потребление. Более обоснованной потребностью является 300 тонн/год. При приблизительной стоимости ОПС 1000\$ за тонну затраты составят 300 тыс.\$ в год. И если цифра затрат в масштабах нашего государства невысока, то независимость в такого рода потребностях имеет важное значение. Таким образом, актуальность разработки состава отечественного порошка с использованием недефицитных компонентов, современных технологий и организация рентабельного мобильного производства не вызывает сомнения.

В настоящее время в стране сложились реальные возможности для разработки рецептуры ОПС, основанной на добываемых или получаемых в стране материалах. Так в качестве активной основы ОПС могут быть использованы пылевидные отходы аммофоса Гомельского химкомбината, эффективность которых в качестве химического ингибитора процессов горения для пожаров класса АВС не вызывает сомнения. Пожары классов АВСD<sub>1</sub> могут быть потушены только смесевыми составами - аммофос+хлориды щелочных металлов (сильвинит и хлорид калия), а последние не являются дефицитом в нашей стране. Для снижения расхода активной основы без ухудшения свойств возможна ее частичная замена наполнителем типа бентонитовых глин, отличающихся высокой склонностью к принудительному диспергированию, добыча которых включена в планы перспективных разработок в Республике Беларусь. Проблемным вопросом при производстве и эксплуатации ОПС является их слеживаемость, текучесть, водоотталкивание. Для обеспечения этих свойств вместо добавки гидрофобного аэросила украинского производства, вносящего значительный вклад в стоимость порошка целесообразно использовать недефицитные и дешёвые для страны отходы жировых производств. В этом случае гидрофобные свойства порошка обеспечиваются в результате модификации наполнителя и опудривания им активной основы.

В настоящее время в Гомельском инженерном институте МЧС Республики Беларусь разрабатывается и проходит оптимизацию по рецептуре и технологии состав ОПС с использованием отечественных компонентов. Предварительные лабораторные и натурные испытания показали возможность достижения физико-химических и эксплуатационных параметров соответствующих нормативным требованиям, предъявляемых к ОПС [7,8].

**Заключение.** Анализ литературных данных и патентной информации показал наличие широкого ассортимента и технологий производства ОПС, наиболее востребованными из которых являются составы универсальной применимости и технологии

размольно-смесительного типа, разработанные в странах СНГ в основном в 90-е годы прошлого столетия. Применение ОПС в полном объеме подразделениями МЧС Республики Беларусь сдерживается необходимостью их приобретения в России. В тоже время, на основе существующего опыта возможна разработка эффективной рецептуры отечественных ОПС, а применение методов нанотехнологий позволит исключить дорогостоящие компоненты.

### Литература

1. 1.Огнетушащие порошковые составы: Сборник научных трудов. М.: ВНИИПО, 1985, 1982.
2. Мальцев А. Нанотехнологии: вчера, сегодня, завтра /Интеграл, № 5, 2003, С. 23-28.
3. 3 Серов И.Н., Жабрев В.А., Марголин В.И. Проблемы нанотехнологии в современном материаловедении. [www.aires.spb.ru](http://www.aires.spb.ru), С. 1-25.
4. Авакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск, Наука, 1986.
5. Смирнов Е. П., Абызов А. М., Алесковский В. Б. Разработка фундаментальных основ химического модифицирования поверхности, получение нанокристаллических функциональных порошковых материалов //Сб. тр. Межвузовской научно-технической конфер. «Функциональные порошковые материалы 2001, С.-Петербург ГТИ.
6. Гидрофобизация. Теория и практика. [http://www.vashdom.ru/articles/mavix\\_1](http://www.vashdom.ru/articles/mavix_1).
7. Бобрышева С. Н., Боднарук В. Б., Марченко М. В. Дисперсная основа огнетушащих составов // Чрезвычайные ситуации: образование и наука, №3, 2008.
8. Бобрышева С. Н., Боднарук В. Б., Капляч Л. О., Горовых О. Г. Технологические особенности обеспечения гидрофобности огнетушащих порошков.2008. //Чрезвычайные ситуации: образование и наука, 2008, №2(3), - С.24-33.

*Поступила в редакцию 02.02.2010*

**S.N. Bobrysheva, V.B. Bodnaruk, L.O. Kashlach, P.A. Fedosov**  
**DRY EXTINGUISHING POWDERS (SHORT REVIEW)**

A short analysis of existing compositions of dry powders is presented; the technologies of their production are given. The necessity and the possibility of development of the ingredient list of dry powders using native components and methods of nanotechnologies are shown.