

їнського щита : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. геол. наук: спец. 04.00.11 «Геологія металевих і неметалевих корисних копалин» і 04.00.19 «Економічна геологія» –Київ, 2002. –28 с.

2. **Бызов В.Ф., Азарян А.А.** Проблемы контроля и управления качеством минерального сырья и пути их решения., В сб. Качество минерального сырья, Кривой Рог, 2002. –С. 9-13.

3. **Ломоносов Г.Г.** Формирование качества руд при открытой добыче, –М.: Недра, 1975. –224 с.

УДК 614.84

А.А. ГУРИН, д-р техн. наук, проф., В.И. ШЕВЧЕНКО, ассистент,  
С.В. ВИМБА, студент, Криворожский технический университет

## **СПОСОБ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ГОРЮЧИХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Предложен способ борьбы с пожарами в горючих пористых материалах, который заключается в создании огнезащитной преграды путем пропитки пористого материала жидкими гелеобразующими компонентами с последующим образованием в порах структурного гидрогеля.

Запропоновано спосіб боротьби з пожежами в горючих пористих матеріалах, який полягає в створенні вогнезахисної перепони шляхом просочування пористого матеріалу рідкими гелеутворюючими компонентами з подальшим утворенням в порах структурного гідрогелю.

**Проблема и ее связь с научными и прикладными задачами.** Ежегодно в Украине возникает около 50000 пожаров техногенного и природного характера, вследствие которых гибнет до 4000 человек, а причиненный материальный ущерб превышает 2 млрд. грн. [1].

Основными причинами пожаров являются неосторожное обращение с огнем, нарушение правил эксплуатации промышленного и бытового электрооборудования, неисправность отопительных приборов, невыполнение требований нормативных документов и др.

Серьезную опасность в пожарном плане представляют горючие пористые вещества, в том числе растительного происхождения (опилки, солома, торф, некоторые виды ископаемых углей и др.), способные к самовозгоранию. Тушение их сопряжено с определенными трудностями и требует привлечения значительных технических и материальных ресурсов.

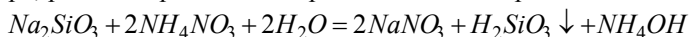
**Анализ исследований и публикаций.** Обзор литературных источников [2, 3] показывает, что одним из эффективных способов борьбы с пожарами в труднопогашаемых горючих материалах является создание в них преград, препятствующих дальнейшему распространению огня путем прокладки канав (траншей) и удаления горючего материала, т.е. создания минерализованных полос. Но этот способ достаточно трудоемкий, и поэтому он эффективен, если выполняется заблаговременно, при угрозе возникновения пожара.

В работе [4] высказана идея о возможности создания огнезащитной преграды в пористом материале путем пропитки его жидкими гелеобразующими компонентами, которые заполнив поры, превращаются в структурный гидрогель, представляющий собою не текучую водонасыщенную массу. Трудоемкость создания такой преграды будет гораздо меньше.

**Постановка задачи.** Для успешной реализации предлагаемого способа тушения пожаров в горючих пористых материалах необходимо обосновать условия его применения, подобрать гелеобразующие компоненты, изучить их свойства и провести натурные испытания.

**Изложение материала и результаты.** Гели – нетекучие твердообразные системы, получаемые из коллоидных растворов некоторых веществ, находят все более широкое применение во многих отраслях производства. Это обусловлено тем, что несмотря на то, что некоторые гели имеют в своем составе до 95% жидкой фазы, они обладают свойствами твердого тела – упругостью, прочностью на сжатие и на сдвиг, т.е. могут служить материалом.

Основным исходным компонентом для получения большинства известных гелеобразующих составов, применяемых в горном деле, является жидкое стекло, которое представляет собой водный раствор силиката натрия. Это объясняется способностью его к застудневанию под воздействием кислот, а также солей натрия, калия, магния, аммония и др. элементов. На кафедре рудничной аэрологии и охраны труда КТУ в свое время был разработан гидрогель [5] для применения в качестве забоечного материала следующего состава: жидкое стекло – 6-8 %, аммиачная селитра – 3-4 %, хлорид натрия – 1-3 %, вода – остальное до 100 %. Коагулятором для жидкого стекла является аммиачная селитра, реакция протекает с образованием геля кремниевой кислоты:



Этот гель использовали первоначально для апробации предлагаемого способа пожаротушения.

Для создания надежной огнезащитной преграды из гидрогеля ее нужно сформировать на всю высоту пористого горючего материала, поэтому важно правильно подобрать время гелеобразования  $t_1$  приготавливаемых гелеобразующих растворов. Известно, что время гелеобразования  $t_1$  зависит от соотношения гелеобразующих компонентов и температуры гелеобразующих растворов. При этом оно должно соответствовать времени  $t_2$  заполнения пор пористого горючего материала. Для обеспечения равномерности заполнения пор по всей высоте пористого горючего материала необходимо, чтобы образование структурного гидрогеля началось в тот момент времени, когда гелеобразующие растворы под действием силы тяжести достигнут самой нижней отметки слоя. Поэтому время гелеобразования  $t_1$ , а значит и время  $t_2$  заполнения пор пористого горючего материала гидрогелем по всей его высоте будет зависеть от толщины слоя  $l$  и его фильтрационных свойств, которые характеризуются коэффициентом фильтрации  $K$ . Чем больше толщина  $l$  слоя пористых горючих материалов, тем дольше должен быть процесс заполнения

пор гелеобразующими растворами. Чем выше значение коэффициента фильтрации  $K$ , тем меньше необходимо времени  $t_2$  для заполнения пор пористого горючего материала гелеобразующими растворами.

На длительность процесса заполнения пор гелеобразующими растворами оказывает влияние также высота их уровня в жидкой фазе над пористым горючим материалом. Этот фактор характеризуется гидравлическим градиентом  $I$ . Чем выше его величина, тем меньше время  $t_2$ , необходимое для заполнения пор пористого горючего материала. Значит время  $t_2$  заполнения пор пористого горючего материала гелеобразующими растворами пропорционально толщине  $l$  его слоя и обратно пропорционально коэффициенту фильтрации  $K$  и гидравлическому градиенту  $I$ .

Таким образом время гелеобразования  $t_1$  будет определяться из соотношения:

$$t_1 = t_2 = \frac{l}{K \cdot I},$$

где  $t_2$  – время заполнения пор пористого горючего материала гелеобразующими растворами, с;  $l$  – толщина слоя пористого горючего материала, м;  $K$  – коэффициент фильтрации, м/с;  $I$  – гидравлический градиент, учитывающий высоту уровня гелеобразующих растворов в жидкой фазе над пористым горючим материалом.

Апробацию предлагаемого способа тушения пожара осуществляли следующим образом. Траншею длиной 3 м, шириной 1 м и глубиной 1 м заполнили сухой соломой. На расстоянии 1 м от торца модели в соломе создали огнезащитную преграду шириной 1 м из гидрогеля, пропитавшего сухую солому на всю глубину траншеи. Требуемое время гелеобразования рассчитали по указанной выше формуле, предварительно экспериментально определив коэффициент фильтрации путем пропускания воды через такой же слой соломы. Тогда при  $l = 1$  м,  $I = 1$ ,  $K = 1,8 \cdot 10^{-2}$  м/с

$$t = \frac{1}{1,8 \cdot 10^{-2} \cdot 1} = 56 \text{ с.}$$

Для подбора концентраций гелеобразующих компонентов воспользовались графиком (рис. 1), на котором полученные экспериментально кривые 1,2,3 изображают зависимости времени гелеобразования от соотношения гелеобразующих компонентов при температуре +20 °С.

Кривая 1 соответствует гидрогелю, состоящему из жидкого стекла – 8%, поваренной соли 1 %, аммиачной селитры, содержание которой изменяется от 0 до 4% и остальное вода – до 100 %; кривая 2 – гидрогелю, состоящему из жидкого стекла – 8 %, поваренной соли – 2 %, аммиачной селитры, содержание которой изменяется от 0 до 4 %, остальное вода – до 100 %; кривая 3 – гидрогелю, состоящему из жидкого стекла - 8%, поваренной соли – 3 %, аммиачной селитры, содержание которой изменяется от 0 до 4 %, вода остальное – до 100 %.

Требуемое время гелеобразования 56 с имеет три состава, которые определяют по кривым 1, 2, 3, каждый из которых может быть применен для создания огнезащитной преграды.

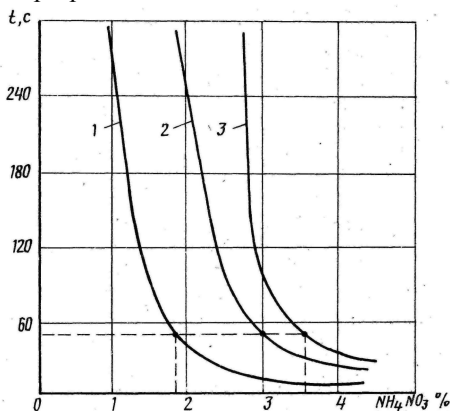


Рис. 1. Зависимость времени гелеобразования от соотношения гелеобразующих компонентов при содержании  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 - 8\%$ : 1 –  $\text{NaCl} - 1\%$ ; 2 –  $\text{NaCl} - 2\%$ ; 3 –  $\text{NaCl} - 3\%$

Выбираем состав 2. Испытания показали, что пламя от горящей соломы не перекинулось через защитную преграду, сформированную из жидких гелеобразующих компонентов в соотношении: стекло 8 %, поваренная соль 2%, аммиачная селитра 3 %, вода – остальное до 100 %.

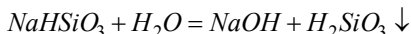
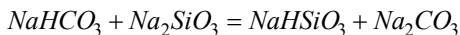
Попытка активизировать горение соломы в огнезащитной преграде путем смачивания ее поверхности бензином не удалась. Бензин сгорел, а огнезащитная преграда осталась неповрежденной.

Отмечая положительные результаты проведенного эксперимента необходимо указать на то, что в процессе приготовления гидрогеля на основе водных растворов жидкого стекла и аммиачной селитры выделяется аммиак, способный оказывать раздражающее действие на органы дыхания. И хотя количество образующегося аммиака не превышает предельно допустимых значений и гель данного состава допущен органами надзора к применению на открытых горных работах в качестве забоечного материала, применение его в условиях пожаров, когда в больших количествах выделяются токсичные продукты горения, нежелательно.

В связи с этим возникает необходимость подобрать такой состав гидрогеля при приготовлении, которого не выделялись бы вредные вещества. Кроме того, необходимо исследовать влияние температуры гелеобразующих растворов на время гелеобразования, чтобы иметь при необходимости дополнительную возможность управления временем гелеобразования.

В процессе изучения возможности использования различных веществ-коагуляторов для раствора жидкого стекла выбор был сделан в пользу бикарбоната натрия, который широко применяется в разных отраслях промышлен-

ности. Он не токсичен и гель, полученный на его основе, тоже не выделяет вредных веществ.



При проведении исследований концентрацию жидкого стекла в гидрогеле изменяли от 6 % до 10 %, а бикарбоната натрия от 2,5 % до 3,5 %. При меньшем содержании бикарбоната натрия гель не образовывался. Температуру водных растворов гелеобразующих компонентов изменяли от 10 °С до 80 °С. Результаты исследований представлены на рис. 2 – 4. Анализ графиков показывает, что гидрогель на основе водного раствора жидкого стекла с добавлением бикарбоната натрия имеет более длительное время гелеобразования, чем гидрогель с добавлением аммиачной селитры, что позволит при использовании его пропитывать более толстый слой пористого материала. При необходимости гелеобразующие растворы могут быть подогреты, что сократит время гелеобразования. Определившись с составом гидрогеля, повторили опыт по гашению сухой соломы в траншее. Для этого использовали гель следующего состава – жидкое стекло – 6 %, бикарбонат натрия – 3,5 %, вода – остальное (см. рис. 2), который имеет необходимое время гелеобразования, как и в предыдущем опыте – 56 с. Результат эксперимента был положительным. Огонь не смог преодолеть огнезащитную преграду, сформированную из гидрогеля указанного состава.

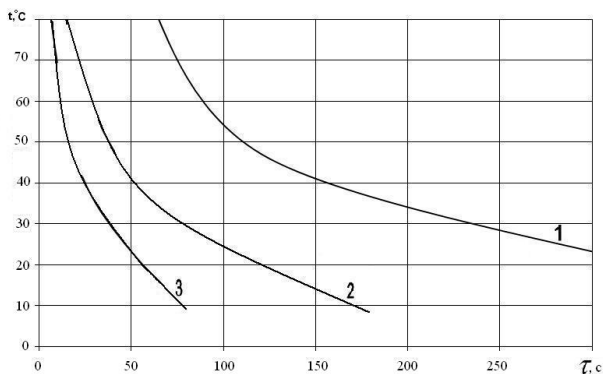


Рис. 2. Зависимость времени гелеобразования от температуры растворов при содержании  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 - 6\%$ : 1 –  $\text{NaHCO}_3 - 2,5\%$ ; 2 –  $\text{NaHCO}_3 - 3,0\%$ ; 3 –  $\text{NaHCO}_3 - 3,5\%$

Затем усложнили условия эксперимента, взяв в качестве горючего пористого материала уголь, который горит значительно дольше, чем солома имеет более высокую температуру горения и выделяет большее количество тепла. В качестве модели использовали желоб, полученный из разрезанной вдоль металлической трубы диаметром 200 мм, длиной 3 м. Модель заполнили углем, а затем в центральной части полили гелеобразующим раствором следующего состава – жидкое стекло – 8 %, бикарбонат натрия – 3 %, вода –

остальное, пропитав уголь на всю высоту модели. Уголь был подожжен с одного конца модели и сгорел до огнезащитной полосы шириной 0,5 м, но дальше огонь не прошел. Как и в предыдущем эксперименте, попытка активизировать горение путем полива огнезащитной полосы бензином не увенчалась успехом.

Таким образом, гидрогель, приготовленный на основе водных растворов жидкого стекла и бикарбоната натрия может быть использован в качестве средства пожаротушения горючих пористых материалов.

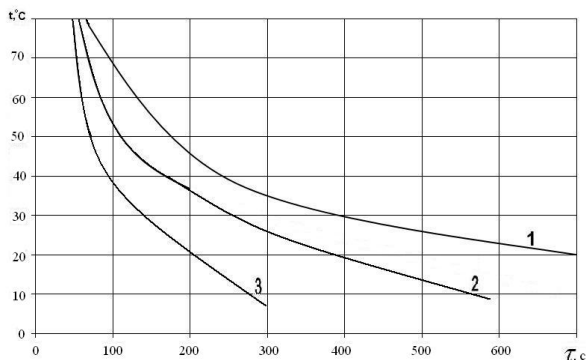


Рис. 3. Зависимость времени гелеобразования от температуры растворов при содержании  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 - 8\%$ : 1 –  $\text{NaHCO}_3 - 2,5\%$ ; 2 –  $\text{NaHCO}_3 - 3,0\%$ ; 3 –  $\text{NaHCO}_3 - 3,5\%$

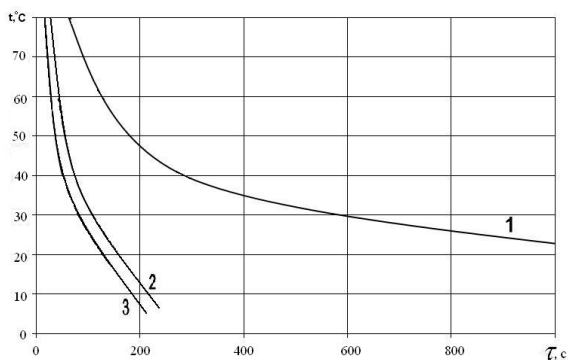


Рис. 4. Зависимость времени гелеобразования от температуры растворов при содержании  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 - 10\%$ : 1 –  $\text{NaHCO}_3 - 2,5\%$ ; 2 –  $\text{NaHCO}_3 - 3,0\%$ ; 3 –  $\text{NaHCO}_3 - 3,5\%$

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Использование предлагаемого способа тушения пожаров путем создания огнезащитной преграды из жидких гелеобразующих компонентов с последующим образованием гидрогеля в порах горючего материала обеспечивает равномерность заполнения пор горючего пористого материала на всю его высоту. Этому способствует свойство гидрогеля в жидкой фазе впитываться в пористые мате-

риалы с последующим образованием структурного гидрогеля и удерживаться в нем длительное время, выдерживать высокие температуры, не меняя при этом свои основные свойства. Испарение жидкости с поверхности гидрогеля на контакте с источником тепла приводит к возникновению термоизоляции пористого материала и обеспечению необходимой огнестойкости огнезащитной преграды. Требуемая высота огнезащитной преграды в горючем пористом материале, его фильтрационные свойства определяют необходимое время его заполнения гелеобразующими растворами, а значит и их соотношение.

В дальнейшем необходимо провести промышленные испытания предложенного способа, применив его не только для тушения угля, но и для торфа. Необходимо также экспериментально определить оптимальную ширину огнезащитной преграды из гидрогеля для разных материалов.

### *Список литературы*

1. <http://www.mns.gov.ua/files/prognos/report/2010>.
2. **Рожков А.П.** Пожежна безпека на виробництві. –К.: Пожінформтехніка, 1997. –448 с.
3. **Миксеев А.К.** Пожар. –М.: Пожнаука, 1994. –386с.
4. Способ борьбы с пожарами в горючих пористых материалах: А.с. СССР №1304823, МКИ А62 С 1/00 / **А.А. Гурин, В.И. Базаря, И.С. Радченко, Л.Д. Коренной.** Оpubл. 23.04.87. Бюл. №15.
5. Состав для подавления ядовитых газов и пыли при взрывных работах: А.с. СССР №773293. МКИ Е21F5/00 / **А.А. Гурин, Л.Д. Коренной, Н.Ф. Филиппов, С.С. Яценко.** Оpubл. 23.10.80. Бюл. №89.

УДК 528:629.195(808.03)

А.Н. ГРИЦЕНКО, аспирант, Криворожский технический университет

## **ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ**

В статье отображены результаты полевых работ по оценке точности определения координат в статике.

В статті висвітлено результати польових робіт щодо оцінки похибки визначення координат у статичі.

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** В настоящее время наиболее широко применяемым решением для различных задач геопозиционирования являются спутниковые навигационные системы (СНС), в частности, системы ГЛОНАСС и GPS. К факторам, обусловившим популярность этих систем, можно отнести зону действия, простоту интеграции и соотношение цена/качество. Основные преимущества автоматически вытекают из архитектуры СНС. В частности, простота интеграции обусловлена пассивным режимом работы навигационных приемников, а практически повсеместное покрытие обеспечивается геометрией созвездия спутников.