

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ И РЕМОНТЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Розглянуто основні положення концепції підтримки виймальних виробок у нестійких гірських породах. Викладено технічні характеристики й визначена область ефективного застосування нового скріпного состава СКАТ на основі карбамідної смоли, що задовольняє сучасним економічним й екологічним вимогам. Наведено результати випробувань скріпного состава СКАТ у різних гірничо-геологічних й гірничотехнічних умовах.

PHYSICAL-CHEMICAL ANCHORING OF ROCKS AT KEEPING UP AND REPAIR OF MINE WORKINGS

The original positions of the concept of keeping up an extraction of developments in unstable rocks are reviewed. The characteristics are explained and the field of effective applying of new cementing composition SKAT is determined on the basis of urea-formaldehyde resin fitting to the modern economical and ecological requirements. The test data of cementing composition SKAT in various mining-and-geological and mining conditions are reduced.

За последние десять лет обвалы и обрушения породы стали основным травмирующим фактором в угольной промышленности Украины. Число аварий, обусловленных этим фактором, стабильно превышает 100 случаев в год, а число смертельно травмированных достигает 50-60 человек.

Это связано с тем, что использование любых, самых эффективных крепежных конструкций для охраны выемочных штреков, в силу геомеханических особенностей взаимодействия крепи с вмещающими породами и влияния ряда горнотехнических факторов не решает в полном объеме проблему качественного их поддержания. Охранные крепежные конструкции позволяют предотвратить только часть смещений контура горной выработки, величина которой определяется расположением выработки относительно очистного забоя.

В пластовой выемочной выработке, пройденной впереди лавы и поддерживаемой на границе с выработанным пространством, суммарная величина смещения породного контура (U) складывается из смещений, происходящих вне зоны влияния очистных работ (U_0), в зоне временного опорного давления (U_1), на участке сопряжения с лавой (U_2) и в зоне остаточного опорного давления (U_3). В случае, когда выработка используется повторно, добавляются еще аналогичные по характеру смещения U_1' и U_2' , обусловленные влиянием второй лавы.

Если полную величину смещения контура выработки, пройденной впереди лавы и подвергшейся однократному влиянию очистных работ, принять равной U , то смещение контура выработки между ее забоем и забоем лавы составляет порядка $0,2U$. Две третьих этой величины приходится на участок выработки, подверженный влиянию временного опорного давления, а наиболее высокая скорость этих смещений приурочена к зоне максимума опорного давления, который при разработке пластов средней мощности находится на расстоянии 6–10 м впереди забоя лавы. С другой стороны, суммарные смещения контура выработки в зоне шириной 6–10 м впереди забоя лавы составляют $(0,44–0,67)(U_0 +$

U_1), в среднем – $0,57(U_0 + U_1)$. Смещение контура выработки на участке сопряжения с лавой составляет еще около $0,2U$. Поэтому у границы зоны, где выработка начинает подвергаться воздействию выработанного пространства, суммарное смещение ее контура достигает практически $0,4U$. Только начиная с этого момента можно говорить о принципиальной возможности охраны пластовой выемочной выработки со стороны выработанного пространства.

Однако в условиях неустойчивых пород охрану выемочной выработки необходимо начинать уже на участке сопряжения с лавой между максимумом опорного давления и линией обрушения пород, в пределах которого суммарные смещения ее контура изменяются от $0,11U$ до $0,4U$. Объединение двух различных по напряженно-деформированному состоянию зон в один участок обусловлено общностью технологических приемов повышения устойчивости выработки в этих зонах.

При наличии пустот в закрепном пространстве подрезанные выработкой слои пород деформируются и смещаются в полость выработки по плоскостям напластования. Вышележащие породы при этом получают возможность смещаться в выработку в вертикальном направлении, что приводит к расслоению кровли пласта еще до подхода лавы. В зоне опорного давления деформирование приконтурного массива пород активизируется, и кровля пласта дробится на блоки. После выемки угля устойчивость такой кровли определяется степенью раздробленности пород и характером контактирующих поверхностей блоков. Но в любом случае наличие в кровле блочной структуры обуславливает возможность вывалов породы на концевых участках лавы, особенно, если кровля пласта представлена слабыми неустойчивыми породами.

Наиболее надежным средством упреждающего закрепления неустойчивых легко обрушающихся пород является технология физико-химического упрочнения, под которым понимается способ повышения устойчивости нарушенного трещинами горного массива под воздействием жидких в исходном состоянии химических составов, способных к быстрому изменению фазового состояния и обладающих высокой адгезией к горным породам.

Начиная со второй половины 70-х и до середины 90-х годов, химическое укрепление пород в Донбассе применялось в достаточно больших объемах, и в это же время для угольной промышленности был предложен широкий ассортимент полимерных композиций. Чтобы не приводить анализ всех этих разработок, из обширной библиографии можно выделить один источник [1], дающий полное представление о существе вопроса. Следует, однако, отметить, что рассмотренные в них скрепляющие составы в большей части не могут уже использоваться, так как произошедшие изменения в экономике и охране окружающей среды коренным образом изменили рынок Украины и стран СНГ по данному виду продукции.

Широко применявшиеся на первом этапе полимерные композиции на основе карбамидных смол [2] из-за ряда недостатков¹ были вытеснены лучшими по

¹ При традиционном отверждении карбамидных смол растворами кислот или хлорного железа образуемый состав имеет усадку до 8–10 % и адгезию к породам не более 1,2–1,6 МПа.

техническим характеристикам составами на основе полиуретана² [3]. К концу 80-х годов укрепление неустойчивых пород полиуретаном ежегодно применялось не менее чем в 70 очистных забоях, включая и примыкающие к ним выемочные выработки [1]. В 90-е годы, из-за высокой стоимости полиуретановых композиций и кризисного состояния угольной промышленности, работы по инъекционному укреплению пород были практически свернуты. В последующем положение усугубилось еще и тем, что производство полиизоцианатов в Украине было прекращено, и на отечественном рынке стали преобладать скрепляющие составы зарубежного производства.

Отдавая должное качеству полиуретановых композиций в части адгезионной прочности и скорости отверждения, нельзя не отметить и присущие им недостатки, которые отмечаются, как правило, только в специальной литературе [4].

Все полиуретановые композиции имеют высокую стоимость (свыше 5 долл. США за 1 кг). В нормальном исполнении они обладают низкой адгезией к увлажненным породам, а составы специального назначения, способные упрочнять породы в обводненной среде, имеют соответственно еще более высокую цену. Наличие множества эластичных связей придает полиуретану свойство податливости без отрыва от скрепляемых блоков породы даже при больших перемещениях, но его прочность на сжатие не превышает 0,5–1,2 МПа. Поэтому полиуретаны применяются преимущественно для кратковременного закрепления раздробленных пород, не подвергающихся высокому горному давлению.

Одна из составляющих полиуретановой композиции – полиизоцианат является токсичным веществом 2-го класса опасности. В процессе полимеризации полиуретана из полиизоцианата в окружающий воздух может выделяться толуилنديизоцианат в количестве до 0,0048–0,0265 мг/л, при его предельно допустимой концентрации в воздухе 0,00005 мг/л [4]. Последнее вещество раздражает дыхательные пути и может вызывать заболевания с хроническим поражением легких. Явления отравления возникают как в короткие, так и в отдаленные сроки после однократного вдыхания, а последствия в виде фиброза и снижения жизненной емкости легких сохраняются долго. После тяжелых или новых отравлений могут возникать длительные бронхиты, пневмонии и астматические приступы. Запах толуилنديизоцианата ощущается при концентрации 0,0002–0,003 мг/л, раздражающее действие – при 0,0003–0,0036 мг/л, а изменения биоэлектрической активности мозга – при 0,00005 мг/л [4].

Кроме того, полиуретан относится к группе горючих материалов. При испытаниях на пожарную опасность пенополиуретана марки ППУ-304н скорость распространения пламени по его поверхности составила 1,0 м/с [5], что на два порядка превышает скорость распространения пламени по деревянной крепи (0,014 м/с).

Все это требует особых мер предосторожности при работе с компонентами полиуретановых скрепляющих составов и разработки дополнительных мероприятий по охране труда в местах производства инъекционных работ.

² Полиуретан представляет собой высокомолекулярное соединение, которое образуется при взаимодействии полиэфиров с полиизоцианатом (ПИЦ).

В этой связи нами был выполнен большой объем исследований по разработке эффективного скрепляющего состава на основе менее токсичных и относительно дешевых карбамидных смол. Основным недостатком карбамидных смол заключается в том, что все они являются коллоидными системами олигомеров и воды. Процесс перехода таких систем в систему «полимер-вода» протекает при изменении концентрации ионов водорода, которые катализируют реакцию взаимодействия олигомеров. Этот процесс сопровождается образованием макромолекул (гелеобразование) и их сшивкой (отверждение). Количество воды, которое выделяется в процессе поликонденсации, и конечные свойства материала зависят от типа отвердителя, его концентрации и условий отверждения. Но, как правило, все ранее известные скрепляющие составы на основе карбамидных смол имели большую усадку отвержденного материала и пониженную в сравнении с полиуретанами адгезию.

При разработке нового скрепляющего состава [6], названного авторами СКАТ, была использована смола марки КФ-МТ-15, удовлетворяющая требованиям Евростандарта по содержанию остаточного формальдегида ($< 0,15\%$), а в механизм ее отверждения был заложен принцип двухстадийного преобразования полимерной композиции.

На первой стадии процесса подобранный нами ангидридный отвердитель при взаимодействии со смолой химически связывает значительную часть формальдегида и воды, а на второй стадии образующиеся кислоты катализируют дальнейший процесс полимеризации композиции. Такой механизм полимеризации карбамидной смолы обеспечивает снижение токсичности отвержденного продукта, подавление усадочных процессов и повышение адгезионной способности.

Скрепляющий состав СКАТ характеризуется высокой проникающей способностью за счет низкой вязкости, полимеризуется в средах различной степени влажности и в широком диапазоне температур, а клеевые швы обладают нулевой фильтрацией и высокой механической прочностью. Время гелеобразования состава при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ изменяется от 30 до 50 мин. Через 15–20 часов после начала реакции прочность отвержденного продукта на одноосное сжатие составляет 25–50 МПа, а через 30 суток – 45–65 МПа. Конечная усадка отвержденного материала в зависимости от концентрации отвердителя составляет 0,6–2,1 %, уменьшаясь с увеличением содержания отвердителя. Адгезионная прочность состава СКАТ в зависимости от литологического состава скрепляемых пород колеблется в пределах от 2,4 до 3,8 МПа, характеризуется высокой стабильностью и не изменяется с течением времени.

Полимерная основа состава СКАТ хорошо сочетается с различными водорастворимыми и водонерастворимыми добавками, при введении которых можно в широких пределах регулировать протекание реакции и свойства отвержденного продукта – адгезионную и когезионную прочность, пластичность, водостойкость, вязкость и скорость отверждения.

Результаты сравнения основных характеристик состава СКАТ с характеристиками наиболее известных зарубежных аналогов представлены в табл. 1

Таблица 1 – Сравнение характеристик состава СКАТ и наиболее известных зарубежных аналогов

Наименование состава, разработчик	Основа состава	Прочность, МПа		Вязкость компонентов, мПа·с	
		адгезионная	на сжатие	А	Б
ППУ-328, НПО «Полимерсинтез», Россия	Полиуретан	2,02	п: 3–5*	350 – 400**	900–1100
Беведол S - Беведан, “Carbo-Tech”, Германия		1,32	п: 2	380–460	200–250
Випур, “Willich”, Германия		–	п: 2–3	410–510	150–250
Вилькит, “Willich”, Германия	Органо-минеральная	3,5	60,0	800–1100	180–300
Беведол ОМ – Беведан, “Carbo-Tech”, Германия		2,5	54	1400–1500	200–250
ГСД-9, ТС-10, Россия	Фенол-формальдегидная	0,4–0,6	12–14	–	–
Бевефилл, “Carbo-Tech”, Германия		–	п: 8–10	1300–2500	14
Вильфлекс-1, “Willich”, Германия;		–	п: 20	–	–
КФ-Ж + раствор хлорного железа, ИГД им. А.А. Скочинского, Россия	Карбамидо-формальдегидная	0,7–0,9	6–10	200–350	20
КФ-Ж + ПВА и ортофосфорная кислота, то же		1,3–1,6	9–11	200–350	20
КФ-Ж + ПИЦ, то же		1,2–2,3	25	200–350	350–450
СКАТ, УкрНИМИ, Украина		2,4–3,8	25–50	180–320	50–120

* здесь и далее литера «п» означает, что конечный продукт представлен вспененным материалом указанной кратности; прочность на сжатие вспененных материалов изменяется от 0,5 до 1,2 МПа

** для всех скрепляющих составов приведены значения вязкости, полученные при температуре 20 °С

За счет специфики взаимодействия смолы и отвердителя состав СКАТ в процессе полимеризации практически не выделяет свободный формальдегид. Поэтому в месте производства инъекционных работ при объемах закачки до 8,5 л/мин достаточно иметь воздухообмен, не превышающий 200 м³/мин.

В отвержденном виде состав СКАТ представляет собой твердое вещество от белого до светло-желтого цвета, без запаха. По результатам испытаний на горючесть, выполненных УГПО УМВД Украины в Донецкой области, СКАТ относится к группе трудно горючих материалов, а токсикологические испытания в НИИ медико-экологических проблем Донбасса и угольной промышленности, выполненные под руководством д-ра мед. наук, проф. В.В. Суханова, показали, что по основным факторам воздействия на человека СКАТ относится к веществам 4-го класса токсичности. На основании этого состав СКАТ допущен к широкому промышленному применению.

Для оценки качества закрепления разрушенных пород составом СКАТ были проведены испытания образцов кубической (размер грани 50 мм) и цилиндрической (высота 50 мм, диаметр 26 мм) формы, изготовленных из цельного куска глинистого сланца, а также из предварительно раздробленных и склеенных кусочков того же сланца и песка. Результаты этих испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний склеенных пород

Тип породы	Содержание состава, %	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на растяжение, МПа
Глинистый сланец	–	14 – 16	6,5 – 7,0
Куски глинистого сланца размером 1,5–2,0 мм, склеенные составом СКАТ	2	5 – 7	1,4 – 2,1
	3	6 – 8	2,5 – 3,0
	4	8 – 10	3,5 – 4,0
	5	10 – 12	4,1 – 4,5
Песок	2	3,1 – 3,9	1,6 – 1,8
	3	4,5 – 4,9	2,1 – 2,2
	4	5,2 – 5,8	2,2 – 2,4
	5	6,0 – 6,9	2,5 – 2,8

Из таблицы видно, что состав СКАТ достаточно эффективно закрепляет разрушенные породы. Прочность на одноосное сжатие склеенных образцов глинистого сланца возрастает с увеличением содержания состава и при концентрации последнего 5 % составляет не менее 60 % прочности ненарушенного образца глинистого сланца.

Поскольку горные породы в естественном состоянии практически всегда находятся в условиях объемного неравнокомпонентного нагружения, то прочностные свойства склеенных пород были дополнительно исследованы в Институте физики горных процессов НАН Украины на установке трехосного сжатия. Изучались образцы из цельного куска глинистого сланца и образцы из склеенных кусков с концентрацией состава СКАТ в объеме до 3 %.

Программа нагружения образцов предусматривала изучение предельного состояния пород. Поэтому на первом этапе испытаний образцы сжимались равномерно по трем осям $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 2,5$ МПа. На втором этапе вертикальную составляющую напряжений σ_1 повышали до перехода материала в запредельное состояние, компонента σ_2 при этом формировалась самопроизвольно, а компонента σ_3 поддерживалась на уровне 2,5 МПа. На третьем этапе горизонтальная составляющая напряжений σ_3 уменьшалась до нуля, и в этих условиях несущая способность материала оценивалась по остаточному значению напряжения σ_1 .

В результате выполненных исследований установлено, что образцы из склеенных кусков глинистого сланца имеют прочностные характеристики в пределах упругости всего лишь на 25–35 % ниже, чем образцы из цельных кусков породы, а в запредельном состоянии их прочность – в 2,5–3 раза выше, чем у цельных кусков породы.

Фильтрационные свойства состава СКАТ для оценки возможных радиусов его распространения в горном массиве исследовались также в Институте физи-

ки горных процессов НАН Украины на установке трехосного сжатия, оснащенной системой подачи флюида в образец и системой регистрации его расхода. Расчеты, выполненные на основании полученных данных по известным формулам Дарси, показали, что при изменении объемного сжатия, вычисляемого как $[(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) : 3]$, от 1,0 до 20,0 МПа коэффициент фильтрации для глинистого сланца изменяется от $15 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ Д. По этим результатам были определены радиусы распространения состава СКАТ вязкостью до 300 мПа·с, которые составили для нарушенного глинистого сланца 2,2–3,8 м.

Поскольку состав СКАТ отличается от предыдущих упрочняющих составов соотношением компонентов, для его практического применения на Теплогорском заводе гидрооборудования на базе установки «Нагус-212», предназначенной для двухкомпонентной схемы подачи состава, изготовлена установка «Нагус-212м», которая имеет следующие технические характеристики:

объемное соотношение компонентов	1 : 8
давление на выходе насоса, МПа	0 – 16
производительность, л/мин	0 – 8,5
рабочая среда	воздух
давление, МПа	0,2 – 0,6
расход, м ³ /мин.	до 2

К настоящему времени скрепляющий состав СКАТ успешно использовался для повышения устойчивости нависающего угольного массива при разработке крутых пластов, закрепления разрушенных пород в своде перекрепляемой подготовительной выработки, закрепления пород кровли в очистном забое при переходе геологического нарушения.

С целью упрочнения нависающего угольного массива, склонного к внезапным обрушениям, инъекционные работы выполнялись в Центральном геолого-промышленном районе Донбасса на шахте им. К.А. Румянцева в вентиляционном штреке пласта k_7^{1-B} - Юльевский - восток, гор. 970 м. Вентиляционный штрек сечением в свету $9,8 \text{ м}^2$ проводился по целику угля высотой 8–9 м, который был оставлен при отработке пласта на горизонте 970 м. Инъекционные работы в штреке осуществлялись через шпуров глубиной 4,5 м с углом наклона к продольной оси выработки 50° , которые бурились через каждые два метра подвигания забоя штрека (два цикла буровзрывных работ). Принятые углы наклона шпуров и их глубина позволили создать над выработкой непрерывную зону упрочнения угольного массива на высоту до 2,5 м, при этом каждый последующий цикл нагнетания начинался в зоне неснижаемой защиты, равной 0,6–1,0 м. Глубина герметизации шпуров составляла 2,5–3,0 м, а объем скрепляющего состава, закачиваемого в один шпур, – 44–48 л при давлении нагнетания 14–15 МПа.

Инструментальные наблюдения, проведенные при укреплении угольного массива, показали, что фактическое давление нагнетания составляло 10–17 МПа, объем закачки скрепляющего состава – 48–60 л, радиус распространения состава – 2,2–2,8 м, прочность угля в пределах зоны обработки угольного массива возросла в среднем в 2,5 раза. Отрыв угля за контуром выработки при производстве взрывных работ в обработанной составом СКАТ зоне не превышал 0,5–0,7 м, в то время

как не обработанный угольный массив обрушался на высоту 1,5–2,5 м.

Закрепление разрушенных пород в своде подготовительной выработки выполнялось в Донецко-Макеевском геолого-промышленном районе Донбасса на шахте «Глубокая» в центральном грузо-людском ходке пласта h_{10} сечением в свету $20,7 \text{ м}^2$. Породный массив в кровле выработки был представлен слабо обводненным песчано-глинистым сланцем, разрушенным до фракций 0,01–0,2 м. Поэтому при ремонте выработки достаточно часто происходили обрушения породы на высоту до 3–5 м. Для предотвращения вывалообразований разуплотненной мелко кусковой породы при перекреплении грузолюдского ходка было предусмотрено бурение трех шпуров глубиной до 1,9–3,0 м – один по центру свода и два на расстоянии 2,0 м от центрального шпура с углом разворота 75° в сторону боков выработки. Угол наклона всех шпуров составлял 45° к горизонтальной оси ходка. Расстояние между сериями (циклами) из трех шпуров – 2,5 м, глубина герметизации шпуров – 1,0–1,5 м, объем закачиваемого раствора в шпур – 30–45 л, давление нагнетания – 10,0–12,0 МПа.

Давление нагнетания и объем закачки состава СКАТ на протяжении всего периода производства работ не превышали расчетных значений и составляли соответственно 8–12 МПа и 22–48 л, радиус распространения состава изменялся в пределах от 1,5 до 1,8 м. На обработанных участках было отмечено значительное улучшение состояния пород в сводовой части выработки и на 60–75 % уменьшился объем породы, выпускаемой из закрепного пространства во время перекрепления ходка.

Закрепление пород кровли в очистном забое выполнялось в Красноармейском геолого-промышленном районе Донбасса на шахте «Алмазная» в 5-й северной лаве пласта m_5^1 . Непосредственная кровля пласта на этом участке была представлена аргиллитом мощностью до 2,4 м слабой устойчивости, выше которого залегала толща песчаника мощностью до 19,7 м. Сцепление между слоями практически отсутствовало. По забую лавы прослеживалась серия мелкоамплитудных тектонических нарушений с амплитудами смещения от 0,1 до 0,5 м. В результате этого в процессе выемки угля достаточно часто происходили обрушения пород непосредственной кровли на высоту до 2,4 м, а в местах обнажения песчаника последний участками обрушался на высоту до 3,0 м. Среднесуточная добыча угля в 5-й северной лаве в месяц, предшествовавший укреплению пород составом СКАТ, составляла 47 т/сутки. Инъектирование пород на наиболее сложном шестидесяти метровом участке лавы производилось через наклонные шпуры длиной 3,0 м, пробуренные через 2,0 м по длине лавы. По простиранию пласта шпуры бурились через 2,0 м, с таким расчетом, чтобы впереди забоя лавы постоянно оставалась неснижаемая метровая зона обработанной кровли. После обработки кровли пласта составом СКАТ среднесуточная нагрузка на очистной забой составила 279 т/сутки.

Кроме того, на шахте «Алмазная» в 5-м северном конвейерном штреке пласта m_5^1 в процессе экспериментальных работ, проводившихся ИГТМ НАН Украины в рамках государственной программы «Анкер» была испытана модификация состава СКАТ с ускоренной реакцией отверждения. Испытания показали

[7], что стеклопластиковые анкера, закрепленные в угольном пласте составом СКАТ, имели усилие выдергивания 60–150 кН, что соответствует требованиям к несущей способности анкерных систем, и такие анкера могут быть рекомендованы к промышленному применению.

Исходя из физико-механических и физико-химических свойств скрепляющего состава СКАТ, представляется возможным эффективно решать широкий круг практических задач, среди которых можно выделить:

- упрочнение неустойчивых породных массивов при проведении и ремонте подземных горных выработок;
- упрочнение угольных массивов, склонных к внезапным обрушениям и высыпаниям в очистных и подготовительных забоях крутых пластов;
- упрочнение массивов пород и грунтов для повышения устойчивости бортов карьеров, предотвращения оползней и горных обвалов;
- гидроизоляция пород вокруг контуров капитальных горных выработок;
- упрочнение фундаментов зданий и сооружений в сложных эксплуатационных условиях, в том числе на подработанных территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев В.В., Левченко В.И. Технология физико-химического упрочнения горных пород. – М.: Недра, 1991. 267 с.
2. Методическое руководство по упрочнению неустойчивых горных пород нагнетанием карбамидного состава / В.В. Васильев, В.И. Левченко, Н.Н. Томашев и др. Утв. Минуглепромом СССР 12.06.84 г. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1985.
3. Руководство по упрочнению неустойчивых горных пород и угля нагнетанием пенополиуретанового состава / В.В. Васильев, Н.Н. Томашев, В.И. Левченко и др. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1988.
4. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В трех томах. Том Органические вещества. Под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и докт. мед. наук Э.Н. Левиной. Л.: Химия, 1970.
5. Сальников В.К., Исачкин А.И. Испытания покрытий из пенопластов на пожарную опасность // Совершенствование техники и технологии очистных работ на угольных шахтах Украины. – Донецк: ДонУГИ, 1977. – Сборник №. 63. С. 226–233.
6. Патент на винахід України 24549 А, МКІ⁶ Е21D21/00. Суміш для зміцнення гірських порід / О.В. Пашенко, Г.П. Стариков, В.О. Канін, І.Ф. Озеров, А.В. Анциферов та інші.
7. Курносое А.Т., Ковбасенко В.Б., Мазан В.А., Иванчишин С.Я. Стеклопластиковые анкера в подготовительных выработках // Уголь Украины. –2000.- № 9.- с. 18-19.