

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

ГОУ ВПО
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОУ ВПО ЛНР
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горный факультет
Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
кафедры разработки месторождений полезных ископаемых

№4 (2018)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**по материалам международной научно-практической
конференции молодых ученых, аспирантов и студентов**

г. Донецк, 24 мая 2018 г.

ДОНЕЦК
2018

УДК 622.001.76 (082)

И 66

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. труд. Вып. 4. / редкол.: Н.Н. Касьян [и др.]. – Донецк: ДОННТУ, 2018. – 226 с.

Представлены материалы научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на международной научно-практической конференции «Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых» в рамках проведения IV-го международного научного форума «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие» Донецкой Народной Республики. Представленные материалы отражают широкий диапазон научных исследований по актуальным проблемам в области геотехнологии, геомеханики, геоинформатики и экологии при разработке месторождений полезных ископаемых.

Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников угольной промышленности, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов горных специальностей.

Организатор конференции – кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых» (РМПИ) Горного факультета ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Соорганизаторы конференции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (г. Тула, РФ);

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Республика Казахстан);

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» (г. Алчевск, ЛНР).

Организационный комитет:

Касьян Николай Николаевич – председатель конференции, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РМПИ;

Новиков Александр Олегович – зам. председателя конференции, д-р техн. наук, профессор кафедры РМПИ;

Касьяненко Андрей Леонидович – секретарь конференции, канд. техн. наук, доцент кафедры РМПИ.

Конференция проведена на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк) 24 мая 2018 г.

Члены организационного комитета:

Петренко Юрий Анатольевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры РМПИ;

Стрельников Вадим Иванович – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры РМПИ;

Шестоपालов Иван Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры РМПИ.

Редакционная коллегия:

Касьян Н. Н. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Новиков А. О. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Петренко Ю. А. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Саммаль А. С. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры механики материалов ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»;

Хуанган Нурбол – доктор Ph.D., заведующий кафедрой промышленного транспорта Карагандинского государственного технического университета;

Леонов А. А. – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет»;

Стрельников В.И. – канд. техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Касьяненко А. Л. – канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Компьютерная верстка: Моисеенко Л.Н., ведущий инженер кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Статьи публикуются в авторской редакции, ответственность за научное качество материала возлагается на авторов.

Контактный адрес:

Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, 58, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», 9-й учебный корпус, Горный факультет, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», каб. 9.505, тел.: +3(8062)300-2475, 301-0929, E-mail: rpm@mine.donntu.org, WWW: <http://krmpi.gf.donntu.org>

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ УПРОЧНЕНИИ ПОРОД

Резник А.В., Мазилин А.В., Петренко Ю.А.*

В последнее время широкое распространение получил способ химического упрочнения пород, основанный на способности синтетических смол под действием соответствующих отвердителей образовывать прочные и водонепроницаемые соединения, которые связывают сыпучие и сильно нарушенные породы в плотный монолитный массив.

Для упрочнения пород через инъекторы в шпуровые нагнетают скрепляющий состав, состоящий из смолы или её водного раствора и соответствующих отвердителей, который, увеличиваясь в объеме, вытесняет из пор и трещин воду, и воздух заполняет их.

В результате этого массив разупрочненных пород насыщается скрепляющим составом. Вокруг отдельных частиц разрушенного массива пород образуется жидкая пленка из упрочняющего состава, которая через определенный промежуток времени превращается сначала в студенистый гель, а затем отвердевает, цементируя и скрепляя куски породы в связанный, прочный и водонепроницаемый массив.

Анализ химических растворов, применяемых за рубежом при упрочнении пород, показывает, что они могут быть разделены на две основные группы: составы на основе акриламида (США, Канада, Япония) и эпоксидной смолы (Германия, Польша). Наибольшее распространение в практике инъекционного упрочнения имеют растворы АМ-9 и сумисойл, а также полиуретаны, получаемые при реакции взаимодействия диизоцианатов и полимерных спиртов. Под воздействием выделяющихся в процессе полимеризации газов, при взаимодействии полиэфирной композиции (смеси многофункциональных полиэфирных спиртов) и полиизоцианата (ПИЦ), происходит вспенивание полиуретана. После отверждения образованный таким образом пенопласт отличается высокой адгезией к горным породам и достаточной прочностью на изгиб и растяжение. Благодаря образованию высокомолекулярного соединения с множеством гибких, эластичных связей пенополиуретан приобретает свойства податливости без отрыва от породы и без разрыва когезионных связей не только при

* Резник А.В. – инженер

Мазилин А.В. – студент

Петренко Ю.А. – д.т.н., проф. (научный руководитель)

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

макродеформациях, но и значительных взаимных перемещениях скрепленных блоков пород.

Эти отличительные качества – вспенивание в процессе полимеризации и эластичность в отвержденном виде – делают полиуретан универсальным и надежным составом для упрочнения пород в широком диапазоне горно-геологических условий.

В отечественной горной практике для укрепления пород были разработаны и испытаны следующие химические растворы на основе синтетических смол:

- эпоксидные;
- полиэфирные;
- фенолформальдегидные;
- мочевино-формальдегидные;
- меламино-мочевино-формальдегидные.

В качестве добавок, вызывающих отверждение смол, были испытаны:

- соляная кислота;
- щавелевая кислота;
- фосфорная кислота;
- метилсиликат натрия;
- хлористый аммоний.

Для укрепления пород за счет непосредственного нагнетания чаще всего используют композиции карбамидных смол (мочевино-формальдегидные и меламино-мочевино-формальдегидные) типов УКС, МФФ-М, КФ-Ж, КФ-МТ, МФ-17 и др., а также различные крепители на их основе (М-2, М-3, ВК-1, ММБ-40 и др.).

Существенным недостатком составов на основе карбамидных смол является их усадка в процессе отверждения, что свойственно всем поликонденсационным смолам.

Применяемые в отечественной горной практике эпоксидные смолы отверждаются с небольшими усадками, образуя материал с хорошими физико-механическими характеристиками и высокой адгезией к различным металлам и многим неметаллическим материалам, однако они обладают высокой вязкостью, дороги и токсичны. Токсичность составов на основе эпоксидных смол обусловлена не только самими смолами, но и некоторыми отвердителями, в частности аминами и ангидридами органических двухосновных кислот.

Для упрочнения горных пород КузНИУИ и КНИИХП разработаны составы на основе фенолформальдегидной смолы СФЖ-3032Д, модифицированной диэтиленгликолем.

По сравнению с карбамидными указанные составы имеют более высокие (в 2 – 2,2 раза) и более стабильные (до 3 мес.) прочностные показатели и меньшую (в 8 – 10 раз) усадку.

Учитывая положительный опыт применения полиуретана за рубежом, Владимирский научно-исследовательский институт синтетических смол создал целое семейство полиуретановых составов для химического закрепления анкеров и глубинного упрочнения горных пород.

Разработанные ВНИИСС полиуретановые составы обладают хорошими смачивающими свойствами, легко проникают в трещины с размером зияния менее 0,2 мм, одинаково хорошо вступают в поверхностный контакт со всеми типами горных пород независимо от их химической активности и минералогического состава.

К основным недостаткам пенополиуретановых композиций относятся их высокая стоимость и дефицитность.

Управление «Шахтоспецполимеркрепь» применяет органо-минеральную систему «Монолит - 1-3» (ТУ 12-0179601.003-93), предназначенную для упрочнения сухих, слабообводненных и обводненных неустойчивых, трещиноватых пород.

Система представляет собой совокупность компонентов, имеющих в своем составе минеральную и органическую части. Основу минеральной части составляет жидкое стекло, органической – полиизоцианат. Модифицированные добавки и ускорители полимеризации вводятся как пластификаторы и ускорители отверждения.

В УкрНИИМИ разработан тампонажный состав «СКАТ» на карбамидной основе. Компаунд «СКАТ» состоит из двух компонентов: А – карбонадоформальдегидная смола (КФ-МТ-15), составляющая 85 – 95% в массовых частях и Б – отвердитель (изометилтетрагидрофталевый ангидрид, составляющий 5 – 15%).

Время желатинизации компаунда «СКАТ» при оптимальной концентрации отвердителя (8 – 12%) составляет 20-40 мин, а набор 100 %-й прочности завершается через 10 – 15 ч. При этом конечная усадка отвержденного материала не превышает 0,7 %.

Введение модифицирующих добавок позволяет в широких пределах регулировать свойства компаунда – адгезионную и когезионную прочность, пластичность, водостойкость, вязкость и скорость отверждения.

Отличительной особенностью компаунда «СКАТ» от известных составов на карбамидной основе является то, что за счет специфики взаимодействия отвердителя с карбамидной смолой в процессе отверждения не выделяется свободный формальдегид.

В табл. 1 приведены характеристики химических укрепляющих материалов.

Таблица 1 – Характеристика химических укрепляющих материалов

Тип укрепляющих материалов	Отвердители	Динамическая вязкость, Па·с	Время гелеобразования, мин	Прочность по контакту, МПа	
				на разрыв	на сдвиг
1. Эпоксидные	Амины	0,4	3–4	20–50	25–65
2. Полиуретановые	Полиизоцианат	0,23–0,35	4–45	3–45	4–45
3. Полиэфирные	Диоксид бензола	0,2–0,35	3–50	2–12	3–14
4. Фенолформальдегидные	Кислоты	0,18–0,28	5–200	3–3,5	2,4–3,8
5. Магнезиальные составы	Хлорид магния	0,2–0,25	15–300	0,5–5,5	0,7–5,8
6. Карбамидные:					
КФ-Ж	Раствор щавелевой кислоты	0,14–0,23	5–300	2,5–3,0	2,7–3,2
КФ-МТ	То же	0,14–0,23	5–100	3,2–3,8	3,6–4,1
«Скат»	Изометилтетрагидрофталевоый ангидрид	0,1–0,15	5–30	5,6–7,2	2,4–3,2
Органоминеральные «Монолит-1-3»:					
М-1-3Н	Полиизоцианат	0,3	10–15	3–5	4–6
М-1-3У	То же	0,3	2–5	3–5	4–6

На основании выполненного обзора характеристик различных скрепляющих материалов для создания ЛУЗ предпочтение следует отдавать химическим смолам.

Таким образом, в настоящее время рассчитывать на широкое применение технологий ремонта выработок с использованием укрепляющих составов не представляется возможным.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Агарков А.В., Симонов А.М., Карнаух Н.В., Мавроди А.В., Захлебин В.В.</i> Поддержание подготовительных выработок в условиях шахты имени Челюскинцев	4
<i>Бабак Б.Н. (научный руководитель Касьян Н.Н.)</i> Совершенствование конструкции сооружения из рядовой породы, помещенной в оболочку, с целью улучшения его нагрузочно- деформационной характеристики	12
<i>Вережникова Е.А., Зозуля Я.Д. (научн. рук. Макеев А.Ю., Шестопалов И.Н.)</i> Методика расчета параметров комбинированной рамно-анкерной крепии	19
<i>Воронова И.Н. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Отработка пластов опасных по горным ударам.....	30
<i>Высоцкий С.А., Дрига И.В. (научн. рук. Выговский Д.Д., Выговская Д.Д.)</i> Особые требования при технологии ликвидации вертикального ствола угольной шахты.....	36
<i>Гречко П.А. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Изучение проявлений горного давления с помощью лазерных сканирующих систем	40
<i>Гнидаш М.Е., Иващенко Д.С. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Особенности поддержания конвейерных штреков при различных вариантах сплошной системы разработки в условиях шахты «Коммунарская» «ПАО Шахтоуправление «Донбасс».....	45
<i>Елистратов В.А. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Возможные направления использования геотермальной энергии угольных шахт	54
<i>Иванюгин А.А. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> Компьютерные технологии рецензирования проекта разработки угольного пласта	59
<i>Иващенко Д.С., Гнидаш М.Е. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Охрана подготовительных выработок глубоких шахт комбинированными опорными конструкциями	68
<i>Кириленко Ю.И. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Исследование состава пород угольных пластов Донецко-Макеевского района Донбасса	79

<i>Корниенко И.М., Сидяченко О.А. (научный руководитель Скаженик В.Б.)</i> Компьютерная анимация горных работ на угольных шахтах	87
<i>Кукота М.В. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Анализ существующих методов борьбы с внезапными выбросами в условиях ОП «Шахта Холодная Балка» ГП «Макеевуголь» и в мировой практике	91
<i>Манухин С.В., Склепович К.З.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния горных пород при анкерования почвы подготовительной выработки	99
<i>Нескреба Д.А., Поляков П.И.</i> Исследование физико-механических свойств и процессов развития нарушенности в несущих слоях горного массива	105
<i>Николаев И.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Касьян Н.Н., Дрипан П.С.)</i> Перспективные направления совершенствования технологии применения анкерной крепи	109
<i>Обедников Д.В. (научный руководитель Литвинский Г.Г.)</i> Разработка программы расчета на ЭВМ смещений пород в горных выработках	115
<i>Онокий Э. Ю. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Анализ методик оценки устойчивости пород в горных выработках	123
<i>Павленко Ю.В. (научн. рук. Соловьев Г.И., Голембиевский П.П.)</i> Особенности применения анкерной крепи для поддержания конвейерных штреков в условиях глубоких шахт Донбасса	130
<i>Панин Ф.А., Панин А.А. (научн. рук. Соловьев Г.И., Малышева Н.Н.)</i> Особенности применения комбинированных способов поддержания подготовительных выработок глубоких шахт Донбасса	139
<i>Палейчук Н.Н., Санин Д.А. (научный руководитель Рябичев В.Д.)</i> Обоснование вида переправы Керченского пролива	153
<i>Палейчук Н.Н., Спичак Ю.Н.</i> Экономические аспекты геотехнологии на шахтах Восточного Донбасса	157
<i>Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Горбунов И.Э.</i> Выбросоопасность пологих нарушенных угольных пластов Донбасса	163

<i>Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Гетманец Л.В.</i> Комплекс факторов, оказывающих влияние на формирование газодинамической активности угольных пластов, при проведении подготовительных выработок.....	170
<i>Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i> Анализ химических растворов, применяемых при упрочнении пород.....	187
<i>Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i> Временная набрызгбетонная крепь основных выработок, сооружаемых буровзрывным способом.....	191
<i>Сивоконь М.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Выговская Д.Д., Выговский Д.Д.)</i> Определение комплекса социально-экономической информации при проектировании технологической схемы угольной шахты	193
<i>Степаненко Д.Ю. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Обоснование и выбор мероприятий по предотвращению газодинамических явлений при проведении участковых пластовых выработок в условиях пласта h ₆ ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК».....	196
<i>Терлецкий Ю.Н., (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> О возможности переработки углей Донецкого бассейна в синтетическое жидкое топливо	200
<i>Холод А.Н. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> Анализ существующих технологических схем ремонта горных выработок	207
<i>Чулаков К.П. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> О повышении устойчивости выработок в условиях НШУ «Яреганефть» ООО «Лукойл-Коми»	216
<i>Якубовский С.С. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Обоснование и выбор способа охраны магистральных выработок при разработке запасов уклонного поля пласта h ₁₀ ^B ОП «Шахта им. С.М. Кирова» ГП «Макеевуголь»	219

Сборник научных трудов кафедры разработки месторождений
полезных ископаемых ГОУВПО «ДОННТУ»

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых

№ 4 (2018)

Статьи в сборнике представлены в редакции авторов