

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потураев В.Н. Использование вибрационных и волновых эффектов при отработке выбросоопасных пластов / В.Н. Потураев, С.П. Минеев.- Киев: Наукова думка, 1993.- 143 с.
2. Потураев В.Н. Пульсационные и волновые эффекты в горном массиве / В.Н. Потураев, С.П. Минеев. – К.: Наук. думка, 1993.- 143 с.
3. СОУ 10.1.00174088.011-2005 Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. – Киев: Минуглепром Украины, 2005. – 225 с.
4. Докукин А.В. Основные проблемы горной науки / А.В. Докукин.- М.: Недра, 1979.- 383 с.
5. Белоненко В.Н. Пути повышения рентабельности разработки малых месторождений нефти / В.Н. Белоненко, М.В.Павлов // Нефтепромысловое дело, 2002, №11.- С. 45-48.
6. Снижение выбросоопасности при динамическом воздействии на угольный массив/ Н.Ф.Кусов [и др.]- М.: Наука, 1985. – 184 с.
7. Минеев С.П. Свойства газонасыщенного угля / С.П. Минеев. – Днепропетровск: НГУ, 2009- 220 с.
8. Минеев С.П. Активация десорбции метана в угольных пластах / С.П. Минеев, А.А. Прусова, М.Г. Корнилов.- Днепропетровск, Вебер, 2007.- 252 с.
9. Алексеев А.Д. Физика угля и горных процессов / А.Д. Алексеев. – К.: Наук. Думка, 2010. -424 с.
10. Корнилов М.Г. Обоснование параметров вибрационного воздействия на микросорбционное пространство угля для эффективной десорбции газа / М.Г. Корнилов.- Д.: ИГТМ НАН Украины, 2008. – 22 с.
11. Большинский М.И. Теория внезапных выбросов угля, породы и газа / М.Г. Корнилов.- Донецк: ДонТУ, 1993.- 139 с.
12. Роечко И.А. Анализ энергоемкости разрушения угольного пласта физико-механическим способом / И.А. Роечко, С.П. Шарипова // Геомеханика управления состоянием напряженного газонасыщенного массива.- К.: Наукова думка, 1985.- С. 26-29.
13. Зорин А.Н. Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых / А.Н. Зорин , Ю.М. Халимендик , В.Г. Колесников .- М.: Недра, 2001.- 413 с.
14. Усталостные испытания на высоких частотах нагружения / Под редакцией В.А. Кузьменко.- Киев: Наукова думка, 1979.- 336 с.
15. Нетрадиционные технологические процессы добычи угля / В.Н. Потураев, С.А. Полуянский, А.Н. Зорин [и др.] – Киев: Техника, 1986. -117 с.
16. Бобин В.А. Сорбционные процессы в природном угле и его структура / В.А. Бобин.- М.: Недра, 1987.- 136 с.
17. Курлени М.В. Геомеханика и техносфера / М.В. Курлени. –Новосибирск: Наука, 2004.- 131 с.

УДК 622.831.325.3: [622.012.2:65.016.8]

Инженер В.В. Задерий  
(ИГТМ НАН Украины)

### МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ДЕГАЗАЦИИ ЗАКРЫТЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Приведені результати досліджень та сформульовано методичний підхід до дегазації закритих шахт. Розглядаються технологія та способи дегазації.

### METHODICAL APPROACH THE PROBLEM OF DEGASSING OF ABANDONED COAL MINES

The research analysis was made and a methodical approach to degassing of abandoned mines was formulated, the technology and methods of degassing were considered

Метан, находящийся в закрытых шахтах, в определенных горно-геологических условиях по трещинам в породах и по погашенным выработкам проникает в действующие шахты и на поверхность, накапливаясь в зданиях и сооружениях и создавая взрывоопасную ситуацию, что неоднократно происходило как в нашей стране, так и за рубежом. Дегазация закрытых шахт предотвращает эту опасность и позволяет добывать газ, по количеству и качеству пригодный к промышленному использованию.

Современные представления о промышленном извлечении метана из недр в

целях обеспечения безопасности горных работ по газовому фактору и повышения эффективности угледобычи, вовлечения в хозяйственный оборот этого нетрадиционного энергоносителя и снижения его выбросов в атмосферу Земли включают в себя:

- попутное извлечение и утилизацию каптированного шахтного метана (метановоздушных смесей) в процессе добычи угля [1-3];
- заблаговременное извлечение (промышленная добыча) угольного метана на горных отводах шахт до начала добычи угля, на резервных участках и разведанных площадях [4,5];
- извлечение шахтного метана из горного отвода закрываемых и ликвидированных шахт [6,7].

За 200 летний период функционирования Донбасса, основного угольного региона страны, были закрыты сотни шахт, выработанные пространства которых насыщены газом с высоким содержанием метана. По данным геологов, его объем в 2-3 раза превышает объем газа, выделившегося при добыче угля.

В нашей стране опыт добычи метана из отработанных полей отсутствует, но мировая практика Англии, Германии, Франции и Бельгии показала, что интенсивность и объемы такого метана настолько велики, что использование его в качестве источника энергии экономически оправдано. В ФРГ, например, широкое распространение получили контейнерные газовые электростанции (КТЭС), работающие на шахтном метане.

Отрасль хозяйства – добыча рудничного газа еще только начинает развиваться. Поэтому необходимо проведение значительных научных исследований по определению запасов рудничного газа и продолжительности его добычи, а также разработки технологии добычи газа на полях закрытых шахт, в том числе путем целенаправленного бурения скважин с поверхности.

Извлечение метана из закрытых шахт, по количеству и качеству пригодного для использования, возможно при следующих условиях:

- расположение выработанных пространств на антиклиналях и куполах с высокой трещиноватостью пород;
- высокая газообильность шахт в последний год их эксплуатации (более 20 м<sup>3</sup>/мин);
- короткие сроки ликвидации шахт.

Большое разнообразие горно-геологических характеристик закрытых шахт как техногенных месторождений шахтного метана предопределяет необходимость их обобщения и типизации.

В зависимости от типа техногенного месторождения шахтного метана должны определяться порядок извлечения из него метановоздушной смеси, технология добычи этого газа и ее параметры, а также способы интенсификации отбора шахтного метана из выработанного пространства. В случае наличия в горном отводе закрытой шахты значительных оставленных (балансовых или забалансовых) запасов высокогазоносных углей целесообразно предусматривать добычу сосредоточенного в них метана (обособленно или совместно с извлечением шахтного метана). При этом следует применять и различные способы стимулирования процессов их извлечения.

Анализ данных наблюдений на закрытых шахтах позволяет сделать важное заключение о том, что наличие в подрабатываемой толще многочисленных сближенных пластов угля и его пропластков создает предпосылки к весьма интенсивному и достаточно длительному выделению метана в выработанное пространство шахт.

К сожалению, явления истечения метана в условиях закрываемых шахт пока изучены недостаточно, вследствие чего приходится чаще опираться на экспериментальные данные. Поэтому при проектировании извлечения метана на полях ликвидируемых метанообильных шахт для его последующей утилизации необходимо проведение комплекса предварительных исследований и предпроектных работ для оценки ресурсов метана, определения мест его скопления и получения данных о динамике накопления метана в отработанных пространствах.

Большой интерес к использованию ресурсов шахтного метана, сосредоточенных в горных отводах закрытых шахт, проявляют специалисты стран ближнего и дальнего зарубежья, несмотря на необходимость значительных инвестиций для реализации проекта его извлечения.

В последние годы, в связи с возрастанием интереса к проблеме метана, начали обращать внимание на закрываемые и закрытые угольные шахты и в нашей стране. Положено начало изучению геологических характеристик нарушений углепородной толщи закрытых шахт, где в основном сосредоточен большой объем газа, высвобожденного из пор и трещин. Этой проблеме посвящено сравнительно небольшое количество публикаций, а имеющиеся работы в основном посвящены определению ресурсов метана и методическим подходам к их оценке [8,9].

Еще один из важнейших факторов эффективной добычи метана из закрытых шахт - прогноз коллекторов, в которых предположительно имеются скопления метана. Для выбора направления бурения скважины, необходимо знание планов горных работ, для чего требуется маркшейдерская документация давно закрытых шахт. Однако зачастую это сопряжено со значительными трудностями, поскольку предприятия, занимающиеся утилизацией пластового метана, совсем не имеют доступа или имеют ограниченный доступ к маркшейдерской документации старых шахт. Кроме того в отличие от технологии отсоса газовой смеси из трубопроводов, оставленных в заполненных закладкой стволах, существует риск, что скважинами будут вскрыты выработки без скоплений метана. Поэтому установки для добычи пластового метана скважинами требуют более высоких капиталовложений и технических затрат, а их эксплуатация связана с повышенным риском.

На горных отводах закрытых шахт содержится более 500 млн. куб. м метана, сосредоточенного в зонах флюидизации. Проведенные исследования показали, что на способность выработанного пространства угольных шахт накапливать шахтный метан, а также на его аэродинамическое сопротивление миграции большое влияние оказывают геологические характеристики углепородного массива, его структурные особенности, мощность и прочность слоев горных пород и ряд других факторов, определяющих закономерности сдвижения и де-

формирования горных пород при их под – и надработке, форму и размеры породных блоков, формирующих выработанное пространство.

Следует учесть, что при извлечении метана из старого выработанного пространства закрытых шахт возможен нестабильный его дебит, что нежелательно при утилизации и использовании метана. Поэтому на наиболее перспективных объектах целесообразно создавать объединённую сеть дегазационных систем близко расположенных соседних закрытых шахт.

В связи с опасностью, которую представляет шахтный метан, выходящий на поверхность, в последнее время при закрытии шахт в законсервированных стволах прокладываются дегазационные трубопроводы. Они достигают незаполненной части ствола, которая находится на глубине 200-300 м, но не достигают дна. Газ, собирающийся в закрытой шахте, под контролем выходит в атмосферу.

В соответствии с методикой МакНИИ основными естественными путями миграции метана из выработанного пространства на дневную поверхность являются пласты трещиноватых горных пород (песчаники, известняки), имеющие выход на дневную поверхность при моноклином залегании в кровле на расстоянии от 35 до 150 мощностей отрабатываемого пласта угля или в замковых частях антиклинальных складок и куполов. Помимо указанных, к таким путям миграции метана следует отнести геодинамические зоны (ГДЗ), известных благодаря изучению геологами и геофизиками верхнего слоя Земли [10].

Анализ исследований, проведенных в данном направлении, показал, что существующее представление о возможных путях миграции не учитывает важный фактор – геодинамическое строение горного массива. Кроме того, оно не позволяет прогнозировать количество газа метана и период его миграции к дневной поверхности без предварительного проведения натурных исследований.

Нами рассматриваются случаи полного заполнения метаном выработанного пространства и варианты его миграции к дневной поверхности по пластам подработанных трещиноватых горных пород (согласно методике МакНИИ) и в пределах ГДЗ.

Анализ опыта технологий добычи метана из газонасыщенного породного массива закрытых шахт как у нас в стране, так и за рубежом позволил сделать следующие выводы:

1. Наиболее рационально извлекать метан из шахт, горногеологические условия которых приурочены к крупным антиклинальным и купольным складкам, где высокая трещиноватость пород обуславливает их большую проницаемость и приток метана в выработанное пространство со значительной площади.

2. Добыча метана из закрытых шахт требует учета трех основных условий: наличия достаточного количества угольных пластов и слоев газоносных песчаников, которые содержат значительные запасы метана и могут удерживать его; наличия открытых каналов в объеме закрытого шахтного поля для выхода метана в пункт максимального газосбора и копирования; наличия в толще перекрывающих пород эффективных газоупоров (экранов) и отсутствия гидравлической связи между закрытыми горными выработками и приповерхностной и

дневной поверхностями.

3. Нарушенное пространство закрытых шахт характеризуется тем, что газо-выделение из него продолжается на протяжении многих десятилетий после окончания горных работ, однако наиболее эффективное истечение метана происходит в срок до 5 лет.

4. Поскольку газ метан имеет массу меньше воздуха, даже при отсутствии водопритока, он накапливается в выработанном пространстве и под действием собственного избыточного давления начинает мигрировать к дневной поверхности различными путями; при этом, в большинстве случаев, путями миграции являются пласты трещиноватых пород (песчаники, известняки), имеющие выход на дневную поверхность, либо под наносы, при залегании в кровле на расстоянии от 35 до 150 мощностей отрабатываемого пласта, или в замковых частях антиклинальных складок и куполов, к путям миграции могут быть отнесены геодинамические зоны верхнего слоя Земли.

5. Важнейшей характеристикой фильтрационных свойств горных пород является их проницаемость, определяемая двумя составляющими – раскрытием существующих трещин и необратимыми изменениями напряженно-деформированного состояния массива. Участок массива, приуроченный к зоне концентраций напряжений, характеризуется низкими абсолютными значениями проницаемости, в зоне полного обрушения подработанных горных пород имеет очень большие абсолютные значения проницаемости. В этой зоне преобладает направленный поток газа в сторону выработанного пространства. Скважины, пробуренные в эту зону, весьма эффективны.

6. С точки зрения контролируемой эмиссии метана, объектом особого внимания должны стать участки горного отвода конкретной закрытой шахты, на которых отсутствуют минеаментные зоны, а также общеизвестные пути дренирования газа на дневную поверхность.

7. Эффективность добычи шахтного метана из ликвидированных горных предприятий может быть более высокой, если проект сооружения и эксплуатации угольного предприятия будет предусматривать последующую добычу шахтного метана из выработанного пространства после завершения добычи угля.

8. Многолетний опыт дегазации углепородного массива закрывающихся и закрытых шахт в Англии, Германии и США позволил предложить один из вариантов извлечения метана, согласно которому сразу после закрытия шахты метан, находящейся в отработанных длиннозабойных столбах, подготовительных и вскрывающих выработках и пластовых источниках, вначале дегазируется через ранее действующий (непогашенный) загерметизированный в верхних горизонтах ствол, соединенный с горными выработками нижних горизонтов. Метан верхних слоев дегазируется через скважину, пробуренную с поверхности. Достоинством такой схемы является снижение потерь при дренаже метана и риска бурения скважин с поверхности в зоны, где газ присутствует в незначительных объемах.

С учетом изложенных представлений о возможных коллекторах скопления газа метан, места их нахождения и пути миграции в ИГТМ НАН Украины

разработаны методический подход и программа решения проблемы извлечения метана из закрытых угольных шахт Донбасса по следующим направлениям: сбор геологической, гидрогеологической и маркшейдерской документацией о физических и физико – механических угленосной толще закрываемой или закрытой шахты; состояние горных работ и срок их прекращения; газонасыщенность и газопроницаемость пород; наличие газодинамических и технологических зон, являющихся потенциальными резервуарами газосодержания и др. Поскольку изучение влияющих факторов на эффективность извлечения метана из угленосного массива закрытых шахт проблематично, предпочтение следует отдавать численным методам исследования, включающим математическое моделирование, как базис для выбора и реализации инженерных решений добычи метана.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф. Создание индустрии шахтного метана в топливно-энергетическом комплексе Украины / А.Ф. Булат // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехн. механики НАН Украины. – Днепропетровск, 1998. – Вып. 10. – С. 3-8
2. Касьянов В.В. Перспективы развития метановой отрасли в Украине / В.В. Касьянов, С. Ламберг // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр./Ин-т геотехнической механики НАН Украины. – Днепропетровск, 2000.- Вып. 17.- С. 6- 11.
3. Булат А.Ф. Концептуальные особенности дегазации при отработке угольных пластов высоконагруженными лавами на больших глубинах / А.Ф. Булат, А.Т. Курносов, С.А. Курносов // Деформирование и разрушение материалов с дефектами, и динамические явления в горных породах и выработках. / Материалы 15-й Межд. науч. школы им. Акад. С.А. Христиановича. – ТНУ. – Симферополь, 2005. – С.34-37.
4. Стариков А. В. Поэтапное извлечение метана на угольной шахте. Сокращение эмиссии метана /А.В. Стариков, В.В. Гурьянов // Доклад II Международной конференции. – Новосибирск, СО РАН, 2000. – С. 460-461.
5. Пучков Л. А. Системный подход к решению проблемы угольного метана./Л.А. Пучков, С.В. Сластунов // Труды VII Международной научно-практической конференции. – Кемерово, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь», 2005. – 9 С.
6. Петриков В. Г. Выбор перспективных участков горных отводов закрытых шахт с позиции добычи метана. / В.Г. Петриков // Труды Международной научно-практической конференции. «Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности». – Кемерово, КВК «Экспо-Сибирь», 2002. – С. 138-140.
7. Методические положения оценки остаточных ресурсов метана и возможных объемов его извлечения на закрываемых шахтах / В.Е. Зайденоварг, А. Д. Рубан, В. С. Забурдяев, В. В. Бардышев // Уголь. – №11. – 2002. – С. 7-12.
8. Защита зданий от проникновения метана. – Макеевка- Донбасс: МакНИИ, 2001. – 61с.
9. Гринев В.Г. Исследование влияния геодинамических зон на миграцию метана на земную поверхность/ В.Г. Гринев, А.И. Сергиенко, А.А. Подрухин // Форум гірників-2010: Матеріали Міжн. Наук. - прак. конф. (21-23 жовтня). – Дніпропетровськ, 2010 – с 237- 239.

Канд. техн. наук П.Е. Филимонов  
(ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»)  
д-р техн. наук В.Г. Шевченко  
(ИГТМ НАН Украины)

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
РАБОТ ПО ПЕРЕСЕЧЕНИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ 18-м  
ЗАПАДНЫМ КОНВЕЙЕРНЫМ ШТРЕКОМ ПЛАСТА m<sub>3</sub>  
ПАО «ШАХТА ИМ. А.Ф. ЗАСЯДЬКО»**

Викладено основні положення методики проведення гірничо-експериментальних робіт з перетинання геологічних порушень 18-м західним конвеєрним штреком пласта m<sub>3</sub> ПАО «Шахта ім. О.Ф. Засядька».

**METHOD OF CONDUCTING EXPERIMENTAL WORKS OF CROSS  
GEOLOGICAL FAULTS 18th WEST CONVEYOR DRIFT m<sub>3</sub> LAYER PJSC  
«A.F. ZASYADKO MINE»**

The basic provisions of the methodic of mine-experimental work on the cross of geological faults 18th western conveyor drift m<sub>3</sub> layer PJSC "A.F. Zasyadko mine" is expound.

Согласно программе развития горных работ на шахте им. А.Ф.Засядько в 2008 г. осуществлялось проведение 18-го западного конвейерного штрека пласта m<sub>3</sub>. Угольный пласт m<sub>3</sub> в поле шахты им. А.Ф.Засядько опасен по внезапным выбросам угля и газа, по внезапным выдавливаниям угля, по пыли и суффлярным выделениям метана, склонен к самовозгоранию. Пласт сложного строения, состоит из двух угольных пачек, разделенных прослоем песчаника мощностью 0,04-0,07 м, геологическая мощность пласта 1,70-1,90 м, природная газоносность - 20-22 м<sup>3</sup>/т.с.б.м, выход летучих веществ V<sup>daf</sup> - 30,2-35,2%, угол падения пласта изменяется в пределах 5-10°. В кровле пласта залегает аргиллит мощностью 13,15-16,45 м средней крепости (f=3-5), выше - алевролит мощностью 2,8-6,2 м. В почве пласта залегает алевролит мощностью 0,0-6,9 м, под ним - аргиллит мощностью 0,0-3,8 м. Проведение 18-го западного конвейерного штрека осуществляется комбайном КСП-32. В интервале ПК36-ПК50 штрек пересекает тектонически нарушенную зону, представленную серией нарушений с амплитудами смещений от 0,3 м до 1,5 м. В качестве противовыбросных мероприятий при проведении выработки применяется гидрорыхление угольного пласта с оперативным управлением процессом гидрорыхления и контролем выбороопасности призабойной части массива по параметрам акустического сигнала, а при неэффективности гидрорыхления предусмотрены буровзрывные работы в режиме сотрясательного взрывания.

Забой 18-го западного конвейерного штрека пл. m<sub>3</sub> приближается к зоне геологических нарушения, при пересечении которых 17-м западным конвейерным штреком произошли газодинамические явления. Первое из них произошло на ПК41+7,5 м при выемке угля комбайном в пологом надвиге с амплитудой смещения пласта 1,5 м и углом падения сместителя около 25°. Выделилось 2600 м<sup>3</sup> газа при 20 т разрушенного угля. Оно квалифицировано как внезапный прорыв газа из зоны геологического нарушения вследствие разрушения угольного