

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. А с т р о в а Г.Г. Мшанки борщовского и чортковского горизонтов Подолии. – М.: Изд-во АН СССР, 1964. – 52 с.
2. Т р о и ц к а я Т.Д. Девонские мшанки Казахстана. – М.: Недра, 1968. – 237 с.
3. М е з е н ц е в а О.П. Трепостомиды пограничных силурийско-девонских отложений Алтая и Салаира. – В кн.: Глобальная корреляция нижнедевонских карбонатных и кластических разрезов: Материалы международной конференции. – Ташкент: Изд-во SealMag Press, 2008. С. 74 – 78.
4. Middle-Upper Devonian and Lower Carboniferous biostratigraphy of Kuznetsk Basin. – Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2011. – 98 p.
5. М и р о н о в а Н.В., С т е п а н о в С.А., Ч е р е п н и н а С.К., Я р о ш и н с к а я А.М. Девонские отложения северной части Сибирячихинской синклинали (Горный Алтай). – В кн.: Материалы по региональной геологии Сибири. – Новосибирск: Изд-во СНИИГГИМСа, 1974. С. 90 – 98.
6. М о д з а л е в с к а я Е.А., Н е х о р о ш е в В.П. Раннедевонские мшанки Верхнего Приамурья // Ежегодник ВПО. 1965. Т. 17. С. 115 – 131.
7. Н е х о р о ш е в а Л.В. Девонские мшанки Приамурья // Тихоокеанская геология. 1994. № 2. С. 63 – 75.
8. Стратиграфический словарь СССР. Новые стратиграфические подразделения палеозоя СССР. – Л.: Недра, 1991. – 555 с.
9. Н е х о р о ш е в а Л.В. Мшанки из татрейского нижнедевонского разреза (Центральный Таймыр). – В кн.: Ученые записки. Палеонтология и биостратиграфия. Вып. 24. – Л.: Изд-во НИИГА, 1968. С. 45 – 62.
10. Стратиграфический словарь СССР. Кембрий, ордовик, силур, девон. – Л.: Недра, 1975. – 622 с.
11. А с т р о в а Г.Г., Я р о ш и н с к а я А.М. Раннедевонские и эйфельские мшанки Салаира и Горного Алтая // Новые материалы по стратиграфии и палеонтологии нижнего и среднего палеозоя Западной Сибири. – Томск: изд. ТГУ, 1968. С. 47 – 62.
12. М е з е н ц е в а О.П. Мшанки (Bryozoa) эмского яруса западной части Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 108 с.
13. H u Z h a o - x u n. Additional material of Bryozoa from the Yukiang formation of early Middle Devonian in Henghsien, Kwahgsi // Acta Paleont. Sinica. 1965. Vol. 13. P. 232 – 240.
14. E r n s t A. Cryptostome (ptilodictyine and rhabdomesine) Bryozoa from the Lower Devonian of NW Spain // Palaeontographica: Palaeozoology – Stratigraphy, 2011. Vol. 293. Issues 4-6. P. 147 – 183.
15. Пржидольские мшанки СССР / В.И. Пушкин, Л.В. Нехорошева, Г.В. Копаевич, А.М. Ярошинская. – М.: Наука, 1990. – 125 с.
16. E r n s t A. *Petaloporella* (Cryptostomata, Bryozoa) from the Lower Devonian of central Bohemia // Bulletin of Geosciences, 2009. Vol. 84. № 4. Pp. 767 – 770.

© 2015 г. О.П. Мезенцева, Ю.В. Удодов  
Поступила 12 мая 2015 г.

УДК 622.817.47+622.822.22

*М.Г. Коряга*

Сибирский государственный индустриальный университет

**МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛТЮБИНГОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА, МОНИТОРИНГА И БОРЬБЫ С ПОЖАРАМИ**

Требования, применяемые к шахтам современного технического уровня, непрерывно изменяются в сторону ужесточения с увеличением глубины горных работ.

Мониторинг за выделением и миграцией метана в выработанном пространстве выемочных столбов и возникающими очагами эндогенных пожаров включает непрерывный

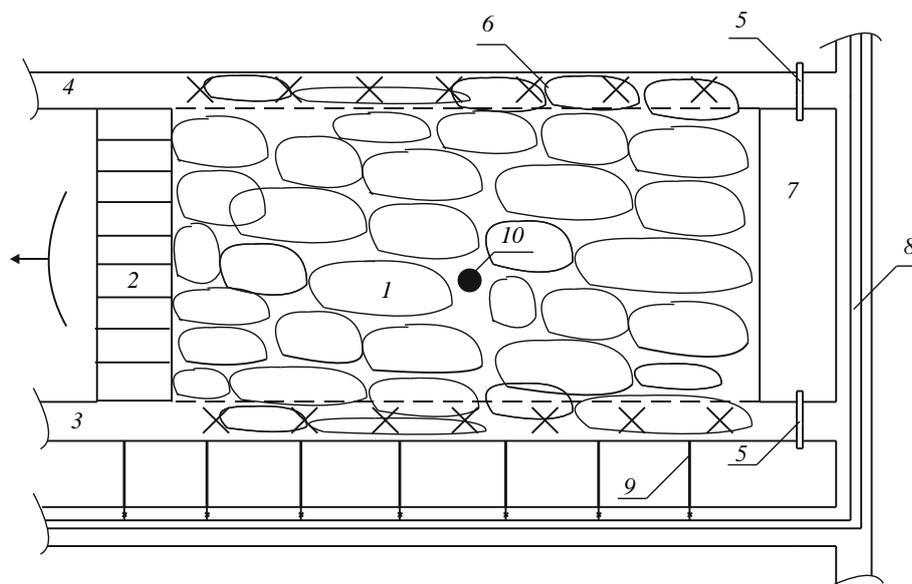


Рис. 1. Дегазация выработанного пространства с помощью перфорированных труб, заведенных в выработанное пространство:  
 1 – выработанное пространство; 2 – очистной забой; 3 – конвейерный штрек; 4 – вентиляционный штрек; 5 – перемычка;  
 6 – погашенный штрек; 7 – фланговый охранный целик; 8 – дегазационный газопровод; 9 – скважины подземной дегазации;  
 10 – дегазационная скважина с поверхности

комплекс работ. Для этого применяются буровая техника и набор контрольно-измерительной и газо-аналитической аппаратуры.

Требования по контролю за составом и температурой атмосферы в пространстве за очистным забоем и в изолированном пространстве отработанных выемочных полей [1] предусмотрены действующим нормативными документами.

После изоляции выработанного пространства мониторинг атмосферы и температуры в нем ведется через скважины, контрольные трубки в перемычках, а также по выявленным газовым и температурным аномалиям в приповерхностном слое.

Совмещение процессов дегазации и непрерывного мониторинга возможно в сети скважин подземной дегазации и на устьях скважин, пробуренных с поверхности в выработанное пространство (рис. 1). По полученным данным определяется концентрация метановоздушной смеси (МВС) и наличие в ней продуктов окисления угля. Такой способ дает только факт наличия или отсутствия пожара в зоне работы дегазационной сети или скважины.

Определение точного положения очага возгорания сопряжено с рядом трудностей. При наличии большого количества скважин подземной дегазации, пробуренных в выработанное пространство через охранный целик, производят замеры через отдельные скважины. Для этого скважины с определенным шагом отключают от дегазационной сети, производят забор проб атмосферы и контроль температуры

выработанного пространства. Такой способ позволяет достаточно точно определить местоположение очага пожара.

Для тушения пожара с поверхности бурят скважины и производят закачку антипирогенов или азота до нормализации состава проб атмосферы в выработанном пространстве.

Недостатком такого способа являются затраты на бурение скважин через охранный целик, время на поиск очага возгорания и бурение скважин с поверхности.

Приступить к тушению посредством закачки азота с поверхности по сети дегазационного трубопровода до аварийного участка на практике не позволяют требования действующих инструкций по работе сети дегазации шахты. В случае остановки системы дегазации очистные работы останавливаются.

Для исключения затрат на подземное бурение существует типовая схема дегазации выработанного пространства с перфорированным дегазационным газопроводом, оставляемым в выработанном пространстве и охраняемым кострами [2]. Перфорированная часть газопровода подключается на фланге к дегазационному газопроводу, в котором создается разряжение не менее 4,0 кПа (рис. 2).

Достоинством этой схемы является постоянный отбор выделяющегося метана как из выработанного пространства, так и в кутке лавы на вентиляционном штреке; возможность контроля атмосферы выработанного пространства путем отбора газовых проб из газопровода. Но схема имеет ряд существенных недос-

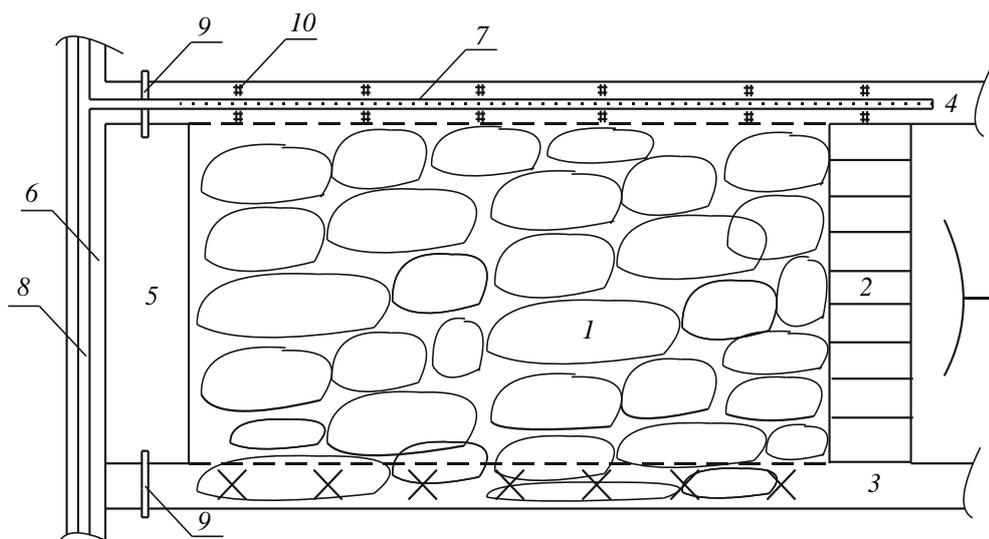


Рис. 2. Дегазация выработанного пространства помощью перфорированных труб, оставленных в выработанном пространстве [2]:

1 – выработанное пространство; 2 – очистной забой; 3 – конвейерный штрек; 4 – вентиляционный штрек; 5 – фланговый охранный целик; 6 – фланговая выработка; 7 – перфорированный дегазационный газопровод; 8 – дегазационный газопровод; 9 – перемычка; 10 – костры

татков: возможность определения только факта наличия или отсутствия пожара в зоне работы перфорированной трубы по газоаналитическим пробам и температуре; неравномерность отбора газа по длине перфорированной трубы из-за изменения аэродинамического сопротивления при увеличении длины газопровода, заиливание отверстий перфорации угольным шламом и, как следствие, – неуправляемость процессом дегазации.

Недостатки схемы, приведенной на рис. 2, предлагается исключить разработанным для внедрения способом, предусматривающим замену оставленной в выработанном пространстве полностью перфорированной трубы на трубу, перфорированную в заданных интервалах посредством применения технологии колтюбинга, разработанной для нефтяных и газовых скважин.

Колтюбинг – одно из самых динамично развивающихся в мире направлений газонефтепромыслового оборудования, включает в себя производство специальных металлических колонн гибких труб, проектирование наземного и внутрискважинного оборудования и, наконец, приборное обеспечение и программы обработки информации [3 – 7].

Технология колтюбинга основана на использовании гибких непрерывных труб, которые заменяют традиционные сборные бурильные трубы при работах внутри скважин. Такие трубы позволяют вести направленное бурение в боковых и горизонтальных стволах скважин,

не требуя операций по сборке и разборке бурильной колонны.

Колтюбинг включает в себя совокупность колонны гибких труб (КГТ), комплекс наземного оборудования, состоящего из колтюбингового агрегата (обеспечивающего спуск и подъем колонны КГТ), комплекса оборудования такого как: буровой насос, компрессоры для нагнетания инертного газа, генератор инертного газа, нагреватель технологической жидкости, устьевое дроссельное устройство и устьевое оборудование, содержащее, в частности, противовыбросовое оборудование, различные насадки, пороодо-разрушающий инструмент, пакеры, режущий инструмент, отклонители и забойные двигатели.

Порядок работы колтюбингового агрегата состоит из ряда операций: вращения барабана КГТ с разматыванием трубы и подачей ее устьевым дроссельным устройством в скважину до необходимой глубины; подачи промысловочной жидкости на забойный двигатель или другое скважинное оборудование; подъем оборудования из скважины путем намотки КГТ на барабан. Все процессы управляются с пульта оператора колтюбингового агрегата. Скорость спускоподъемных операций КГТ может достигать 1 м/с.

На рис. 3 в качестве примера показана такая установка на шасси автомобильного типа КрАЗ-63221. Установка является относительно



Рис. 3. Колтюбинговая установка Уран-20 [8]

небольшой в модельном ряду колтюбинговых агрегатов. Емкость барабана гибких труб составляет до 3600 м при диаметре трубы 33,5 мм.

Изменение области применения колтюбинга для условий шахты, разумеется, потребует внести конструктивные изменения в компоновку колтюбингового оборудования: установить барабан с гибкой трубой, привод и насос на колесное шасси дизельного самоходного вагона или металлические салазки; привести электрическое оборудование в соответствие с требованиями, предъявляемыми к рудничному электрооборудованию повышенной надежности (РП) против взрыва; адаптировать соединения насоса к применяющимся в шахте водоводам.

Принципиальная схема интеграции технологии колтюбинга в схему с оставленной в выработанном пространстве полностью перфорированной трубой с заменой на трубу, перфорированную в заданных интервалах, показана на рис. 4, где 1 – выработанный выемочный столб с охранным целиком уклоном 2, погашенным вентиляционным штреком 3, погашенной монтажной камерой 4 и демонтажной камерой 5. За перемычкой 6 располагается подземный колтюбинговый агрегат 8 и оставленная в выработанном пространстве труба 9; также на рис. 4 показаны охранный целик 10 и вентиляционный штрек 7 подготавливаемого выемочного столба.

На «узле Б» показана принципиальная компоновка подземного колтюбингового агрегата с барабаном для намотки КГТ с приводом и пультом управления 8 с трубой 9 диам. 150 – 200 мм, оставленной на почве погашенного конвейерного штрека отработанного выемочного столба и выведенной за перемычку, гибкой непрерывной трубой КГТ 11, механизма укладки витков трубы КГТ 12, станины барабана 13 и оборудования для работы в оставленной в завале трубы 14.

Достоинством предлагаемой интеграции технологии колтюбинга в схему с оставленной

в выработанном пространстве полностью перфорированной трубой, с заменой на трубу, перфорированную в заданных интервалах, является перечень работ обеспечивающих:

- непрерывный мониторинг температуры в оставленной в выработанном пространстве трубе по всей ее длине;
- перфорацию трубы в заданном интервале для забора газо-аналитических проб;
- дегазацию выработанного пространства через отверстия перфорации в заданном интервале;
- нагнетание газообразных и жидких реагентов для тушения пожара в интервале, выявленном в процессе непрерывного мониторинга.

Проведение работ в оставленной в выработанном пространстве трубе обеспечивается широким перечнем серийно выпускаемого нефтегазового скважинного оборудования.

Перфорация металлических и полимерных труб возможна гидравлической [9], гидромеханической и гидропескоструйной перфорацией [10].

Контроль температуры трубы по всей протяженности и прокачиваемого через нее газа обеспечивается системой волоконно-оптического контроля распределенного измерения температуры [11, 12] или поинтервально с помощью электрических термометров, сопротивление которых позволяет регистрировать температуру по всему пути движения термометра [13].

Отбор проб газа производится в интервалах перфорации зондами пробоотборниками [14] или путем прокачки газа по трубе КГТ.

Закачивание в трубу жидких и газообразных реагентов в изолированный интервал перфорации возможно посредством установки съемного пакера [15].

**Выводы.** Применение интеграции технологии колтюбинга в схему с оставленной в выработанном пространстве полностью перфорированной трубой с заменой на трубу, перфорированную в заданных интервалах, позволит избавиться от таких недостатков схемы как:

- невозможность определения местоположения пожара в зоне работы перфорированной трубы;
- неравномерность отбора газа по длине перфорированной трубы из-за изменения аэродинамического сопротивления при увеличении длины газопровода;
- заиливание отверстий перфорации угольным шламом и, как следствие, не управляемость процессом дегазации.

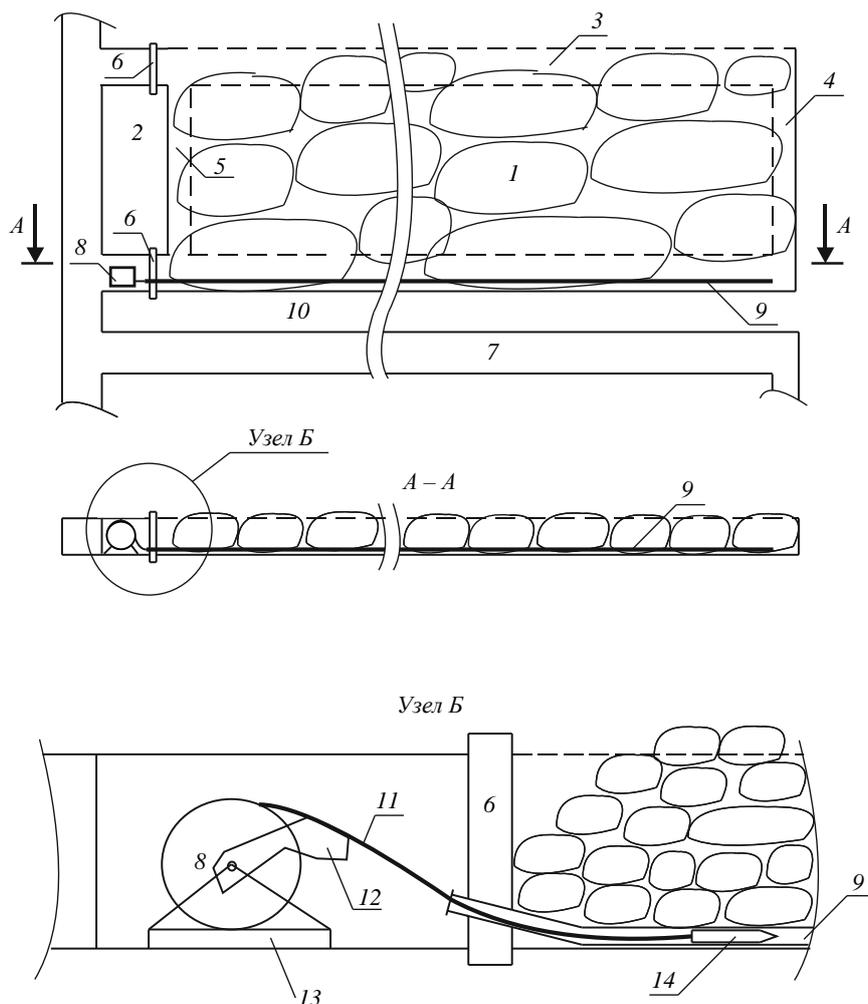


Рис. 4. Принципиальная схема применения колтюбинговой установки в условиях шахты

Схема имеет ряд достоинств:

- непрерывный мониторинг температуры в оставленной в выработанном пространстве трубе по всей ее длине;
- перфорация трубы в заданном интервале для забора газо-аналитических проб;
- дегазация выработанного пространства через отверстия перфорации в заданном интервале;
- нагнетание газообразных и жидких реагентов для тушения пожара в интервале, выявленном в процессе непрерывного мониторинга;
- обеспеченность работ серийно производимым скважинным нефтегазовым оборудованием.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса / ФГУП РосНИИГД и др. – Кемерово : Б.И., 2007. – 77 с.
2. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Вып. 22. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2012. – 250 с.
3. Молчанов А.Г. В России время колтюбинга еще не наступило: [Электронный ресурс]: Первый Буровой Портал. – Режим доступа свободный: [http://first-drilling.com.ua/article/article\\_item/548](http://first-drilling.com.ua/article/article_item/548) (Дата обращения: 11.05.15).
4. Подземный ремонт и бурение скважин с применением гибких труб / С.М. Вайншток, А.Г. Молчанов, В.И. Некрасов, В.И. Чернобровкин. – М: Изд-во Академии горных наук, 1999. – 224 с.
5. Колтюбинговые технологии : [Электронный ресурс] : ФрактДжет-Волга. Направление деятельности. – Режим доступа свободный : <http://fj-volga.com/koltyubingovietechnologii> (Дата обращения: 11.05.15).
6. Очистка скважин с помощью колтюбинга и проблема с песчаными пробками: [Электронный ресурс]: Научно-практический журнал «Время колтюбинга». Прошлое и

- будущее нефтесервиса. – Режим доступа свободный : <http://www.cttimes.org/technology/perspektivy/> (Дата обращения: 11.05.15).
7. Работы без применения буровой : [Электронный ресурс] : Научно-практический журнал «Время колтюбинга». Наши публикации о технологиях. – Режим доступа свободный: <http://www.cttimes.org/technology/nashi-publikatsii-otehnologiyah/> (Дата обращения: 11.05.15).
8. Колтюбинговая установка Уран-20 : [Электронный ресурс] : Транспортное оборудование. – Режим доступа свободный: <http://www.rgmural.ru/transport/uran20.html> (Дата обращения: 11.05.15).
9. Гидравлический малогабаритный перфоратор для боковых стволов ПМГ 75, ПМГ 86: [Электронный ресурс] : ООО «Нефте-ПромЦентр». Продукция. Перфораторы. – Режим доступа свободный: <http://www.neftpromcentr.ru/perforatory.htm> (Дата обращения: 11.05.15).
10. Соловкин О.Е. Пути совершенствования щадящей перфорации скважин: [Электронный ресурс]: Специализированный журнал «Бурение и нефть». – Режим доступа свободный: <http://burneft.ru/archive/issues/2010-05/15> (Дата обращения: 11.05.15).
11. «Downhole Temperatures from Optical Fiber», Oilfield Review Winter 2008/2009: 20, no. 4.
12. Оптоволоконные системы измерения температуры и давления нефтегазовых скважин: [Электронный ресурс]: Технопарк Новосибирского Академгородка АКАДЕМ-ПАРК. – Режим доступа свободный: <http://www.academpark.com/residents/28/products/7605/> (Дата обращения: 11.05.15).
13. Приборы для глубинных замеров температуры в скважинах: [Электронный ресурс] : Архив рубрики «Температурный режим бурящихся скважин». – Режим доступа свободный: <http://teplozond.ru/category/temperaturnyj-rezhim-buryashhixsya-snvazhin> (Дата обращения: 11.05.15).
14. Зонды для отбора проб воды и газа: [Электронный ресурс]: AGT system and service. Зонды (RG). – Режим доступа свободный : <http://www.agtsys.ru/products/zondy-dlyaotboraprobvodygaza> (Дата обращения: 11.05.15).
15. Пакеры и компоновки: [Электронный ресурс]: ООО НПФ «Пакер». Каталог оборудования. – Режим доступа свободный: <http://npf-paker.ru/katalog/> (Дата обращения: 11.05.15).

© 2015 г. М.Г. Коряга  
Поступила 12 мая 2015 г.