

УДК 553.94:550.8:622.81(571.17)

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ С УЧЁТОМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СКВАЖИН С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ПРИРОДНОЙ ГАЗОНОСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

**Шубина Елена Андреевна,**

аспирант кафедры транспорта и хранения нефти и газа  
Института природных ресурсов ТПУ,  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: Lena\_shubina@mail.ru

**Брылин Владимир Иванович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры бурения скважин  
Института природных ресурсов ТПУ,  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: brylinvi@mail.ru

**Лукиянов Виктор Григорьевич,**

д-р техн. наук, профессор-консультант кафедры транспорта  
и хранения нефти и газа Института природных ресурсов ТПУ,  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30.

Актуальность работы вызвана участвовавшими взрывами метана в угольных шахтах, что обязывает нас изменить подход к добыче угля и газа метана.

**Цель работы:** Увеличение природной газоносности угольных пластов и низкая эффективность проводимой предварительной дегазации на сегодняшний день являются наиболее актуальными проблемами обеспечения безопасной добычи угля. Большой объем бурения скважин, производимый при проведении различных видов дегазации, увеличивает себестоимость добычи угля и не позволяет снизить природную газоносность до необходимого уровня за короткий промежуток времени.

**Методы исследования:** Комплексный подход к схеме размещения геологоразведочных скважин на стадии составления проекта разведочных работ позволит использовать данные скважины для дальнейшей дегазации угольных пластов и добычи метана в промышленных масштабах.

**Результаты:** Применение геологоразведочных скважин в качестве дополнительных скважин для проведения заблаговременной дегазации угольных пластов позволит более эффективно снижать природную газоносность к началу ведения работ по добыче угля. Произведённый сравнительный анализ влияния густоты разведочной сети с учётом требований «Методических рекомендаций по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых углей и горючих сланцев» и достигнутого на сегодняшний день радиуса воздействия на угольный пласт подтверждает необходимость возможного применения данных скважин в качестве дегазационных. Заблаговременная дегазация угольных пластов является залогом обеспечения безопасной добычи угля и метана в промышленных масштабах.

### **Ключевые слова:**

Метан, природная газоносность, скважина, дегазация, безопасность горных работ.

В связи с развитием угледобывающей промышленности стремительными темпами наблюдается увеличение глубины ведения горных работ, а следовательно, и увеличение природной газоносности разрабатываемых угольных пластов, что существенно влияет на безопасность ведения работ, объёмы добычи угля, попутно добытого газа и загрязнение окружающей среды.

Из общего количества балансовых запасов по Кузбассу к отработке наиболее экономичным открытым способом пригодны только 20 %, а следовательно, добыча основной части балансовых запасов подлежит отработке подземным способом. Но увеличение глубины ведения работ и природной газоносности неизбежно ведёт к возрастанию себестоимости добываемой горной массы.

На сегодняшний день из-за высокой метанобильности на угольных шахтах широко применяются текущая и предварительная дегазация угольных пластов. При проведении дегазации одного

выемочного участка производится бурение от 10 до 150 тысяч метров, а также согласно инструкции по дегазации угольных пластов производится вынужденный простой оконтуренного выемочного участка в связи с его дегазацией.

Высокая природная газоносность создаёт настолько повышенное метановыделение, что её снижение возможно только с применением комплексной дегазации угольных пластов, т. е. применяется сочетание различных способов или схем дегазации одного или нескольких источников газовыделения.

К методам дегазации, позволяющим снижать природную газоносность до начала ведения очистных работ, относятся: барьерная и предварительная дегазация. Также к данным методам относится недостаточно применяемая в России заблаговременная дегазация.

В связи с низким коэффициентом эффективности предварительной дегазации (0,2...1,4 %) основная часть выделяющегося метана при разруше-

нии пласта выбрасывается на поверхность посредством текущей дегазации, а именно с помощью вентиляции горных выработок (10...40 %) и газотсасывающих вентиляторов (60...90 %), установленных во фланговой части выемочного участка.

Следовательно, проводимые мероприятия по дегазации пластов не только не позволяют наращивать темпы безопасной добычи угля, но и несут предприятию очень большие затраты.

Трудности добычи метана из угольных пластов связаны с их низкой проницаемостью при нахождении метана в сорбированном состоянии. Для повышения проницаемости пластов на сегодняшний день разработаны различные методы воздействия на угольный пласт.

Заблаговременная дегазация пластов угля производится вертикальными, наклонными и горизонтальными скважинами с земной поверхности, преимущественно с предварительным гидрорасчленением пластов или использованием других методов воздействия на угольный пласт с целью формирования системы трещин для дальнейшего извлечения метана из угленосного массива до начала подготовительных или очистных работ.

Применяемые методы воздействия позволяют дегазировать участок недр вокруг вертикальной скважины радиусом 200...300 м в зависимости от геологических условий и выбранного метода воздействия на пласт.

Параметры способа гидрорасчленения пластов, установленные по результатам промышленного внедрения данного способа на шахтах Карагандинского и Донецкого бассейнов, уточняются институтами-разработчиками способа гидрорасчленения пласта.

Перспективными участками для производства заблаговременной дегазации на основе гидрорасчленения пласта являются участки с природной газоносностью более 8 м<sup>3</sup>/т сухой беззолной массы (с.б.м.) и при их залегании в водонепроницаемых породах не ниже средней устойчивости [1–5].

Эффективность работы скважин зависит от многих факторов, в связи с чем сроки извлечения метана из угольного пласта составляют более 3 лет.

Выполненными ВНИМИ исследованиями установлено, что, при ведении горных работ на больших глубинах в сложных горно-геологических условиях в качестве одного из наиболее эффективных мероприятий по предупреждению горных ударов могут применяться технологии, используемые в нефтяной и газовой промышленности и позволяющие воздействовать на массив горных пород на больших площадях.

В качестве одного из технических решений, позволяющих управлять напряженно-деформированным состоянием массива горных пород на больших площадях, предлагается апробированная на угольных и нефтегазоконденсатных месторождениях России волновая акустическая геотехнология интенсификации дебита эксплуатационных скважин (ВАГИДЭС). Технология ВАГИДЭС по-

зволяет управлять состоянием массива как через скважины, пробуренные с поверхности, так и из подземных горных выработок угольных или рудных шахт. Локальным вариантом этой технологии является технология ЛАВОПОР (локальное акустическое возбуждение горных пород).

С помощью волнового акустического воздействия можно добиться изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород, поскольку система «скважина–пласт», «скважина – горная порода» является резонансной.

Технологии ВАГИДЭС и ЛАВОПОР являются уникальными и позволяют заблаговременно провести дегазацию массива или его разгрузку от повышенных напряжений, т. е. привести в безопасное состояние массив горных пород на значительных площадях – до 200 тыс. м<sup>2</sup> (R~500 м) через скважины с поверхности; а через скважины пробуренные из подземных горных выработок до 30 тыс. м<sup>2</sup> (R~200 м).

Принцип работы заключается в следующем: возбуждая в пласте на заданном удалении от скважины упругие волны напряжений, амплитуда которых превышает предельные напряжения сжатия или предельные напряжения упругости, или ведя акустическое возбуждение литологического разреза в пределах упругих напряжений, в результате можно получить пространственные зоны различных его состояний или регулировать механические свойства горной породы по необходимости [6].

Современные технологии заблаговременной дегазации скважинами с поверхности позволяют извлекать 70...90 % общего содержания метана. Имеются случаи извлечения метана со средней природной газоносностью 3...4 м<sup>3</sup>/т (с.б.м.) [7].

Мировой опыт безопасного ведения горных работ сформировал термин метаноправляемость, который подразумевает извлечение 75 % от общего объема метана посредством заблаговременной дегазации, 15 % за счёт предварительной дегазации и 10 % за счёт проветривания выработок, т. е. текущей дегазации.

Но, к сожалению, внедрение производства заблаговременной дегазации в сложившейся сложной ситуации идёт очень низкими темпами, можно сказать на уровне разговоров. Это связано в первую очередь с высокой стоимостью бурения сети скважин и сроками проведения буровых и дегазационных работ, которые составляют от трех лет и более.

Количество скважин, их глубина и расположение зависят от многих факторов и рассматриваются индивидуально по каждому участку, так же как и направление бурения.

Бурение вертикальных скважин обычно менее дорогостоящее, чем горизонтальных. В большинстве случаев для бурения вертикальных скважин не требуется никаких дополнительных мер или услуг. Также при производстве заблаговременной дегазации бурят наклонно-направленные скважины, т. е. преднамеренно отклоняя ствол скважины от вертикали, и горизонтальные скважины, которые

преимущественно применяют при большой мощности угольных пластов или при бурении в труднодоступных местах, где обеспечение доступа к каждой отдельной скважине обходится слишком дорого. Одна горизонтальная скважина может заменить несколько вертикальных, но и затраты на ее бурение значительно выше. Кроме того, требуется специальное оборудование и подготовленный персонал. Плотность размещения скважин определяется в основном фактором времени, т. е. чем более сжаты сроки освоения пластов, тем большее количество скважин требуется [7].

В некоторых случаях используют комбинированную схему размещения скважин, т. е. индивидуальные вертикальные, горизонтальные и наклонные скважины. Все эти типы скважин имеют свои достоинства и недостатки, но так как при производстве разведочных работ преимущественно бурятся вертикальные скважины и лишь в некоторых случаях наклонно-направленные, далее пойдет речь именно о них.

Для решения проблемы высокой природной газонасыщенности к моменту начала ведения горных работ по пласту предлагается внедрение заблаговременной дегазации участка с применением геологоразведочных скважин, намеченных к бурению при производстве разведочных работ по проектируемому участку.

Производимый объем исследований природной газонасыщенности на различных стадиях геологоразведочных работ позволяет по результатам поисково-оценочной стадии геологоразведочных работ иметь достаточное представление о природной газонасыщенности участка для принятия решения о необходимости дальнейшего изучения и проведения заблаговременной дегазации.

Имеющийся опыт по уже разведанным смежным участкам в Кузнецком бассейне дает общее представление о мощности зоны газового выветривания и дальнейшем увеличении природной газонасыщенности угольной толщи с глубиной.

В среднем по действующим угольным предприятиям Кузбасса мощность зоны газового выветривания угольных пластов изменяется от 200 до 100 м, что соответствует горизонтам от +200 до  $\pm 0$  м абс. Развитие горных работ на сегодняшний день преимущественно осуществляется на горизонте  $\pm 0$  м абс. и ниже.

Природная газонасыщенность по горизонтам имеет следующие значения, представленные в табл. 1.

**Таблица 1.** Общие сведения о природной газонасыщенности Кузбасса

| Горизонт, м абс. | Метанонасыщенность, м <sup>3</sup> /т с.б.м. | Глубина ведения горных работ, м        |
|------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| + 200            | 0...9                                        | 100...200<br>(зона метановыветривания) |
| +100             | 10...15                                      | 200...300                              |
| $\pm 0$          | 13...22                                      | 300...400                              |
| -300             | 22...30                                      | 600...900                              |

Из табл. 1 следует, что природная газонасыщенность угольных пластов действующих предприятий преимущественно составляет 10...30 м<sup>3</sup>/т с.б.м. и с увеличением глубины разработки будет только возрастать, что приведёт к серьёзным производственным затратам на снижение газонасыщенности. Более наглядно увеличение природной газонасыщенности с глубиной залегания представлено на рис. 1.

Использование разведочных скважин для проведения заблаговременной дегазации участка в первую очередь позволит рационально использовать время, необходимое на проектирование горных работ, проведение экспертизы проекта отработки участка и начальной стадии строительства предприятия, на выполнение работ по снижению природной газонасыщенности к моменту начала проведения вскрывающих и подготовительных выработок.

Правительство РФ постановлением № 315 от 25.04.2011 г. установило обязательное проведение дегазации угольных пластов при превышении природной газонасыщенности 13 м<sup>3</sup>/т с.б.м.

В странах с более развитой угольной промышленностью в целях обеспечения безопасных условий труда данный порог уже снижен до 9 м<sup>3</sup>/т с.б.м.

В связи с многочисленными взрывами на угольных шахтах данный вопрос о снижении порога до 9 м<sup>3</sup>/т уже рассматривается и в РФ, но пока всё остается без изменений. Следовательно, в будущем при отработке участков с природной газонасыщенностью 13...30 м<sup>3</sup>/т с.б.м. заблаговременная дегазация неизбежно перейдет в разряд необходимых мероприятий.

Кроме того, в зависимости от величины относительной метанообильности производится установление категории шахты по метану. Таким образом, согласно п. 267 «ПБ в угольных шахтах», при относительной метанообильности 15 м<sup>3</sup>/т с.б.м. и более шахту относят к категории «сверхкатегорной» [8].

Проведенный анализ относительной метанообильности угольных шахт Кузбасса, работающих ниже гор.  $\pm 0$  м абс. показывает, что большинство шахт относятся к «сверхкатегорным», так как относительная метанообильность составляет 30...60 м<sup>3</sup>/т с.б.м. и более.

Учитывая вышеизложенное, подчеркивается актуальность проблемы высокой природной газонасыщенности, так как относительная метанообильность в 2–4 раза превышает установленный критерий отнесения шахт к «сверхкатегорному» виду. Поэтому вопрос о целесообразности многофункционального использования геологоразведочных скважин с целью проведения заблаговременной дегазации предлагается рассматривать при составлении проекта разведки участка, анализируя сведения о природной газонасыщенности участка по данным поисково-оценочной стадии геологоразведочных работ.

Применяя разведочную сеть в соответствии с «Методическими рекомендациями...» [9] помимо решения задач, поставленных геологическим заданием в соответствии со стадией геологоразведоч-

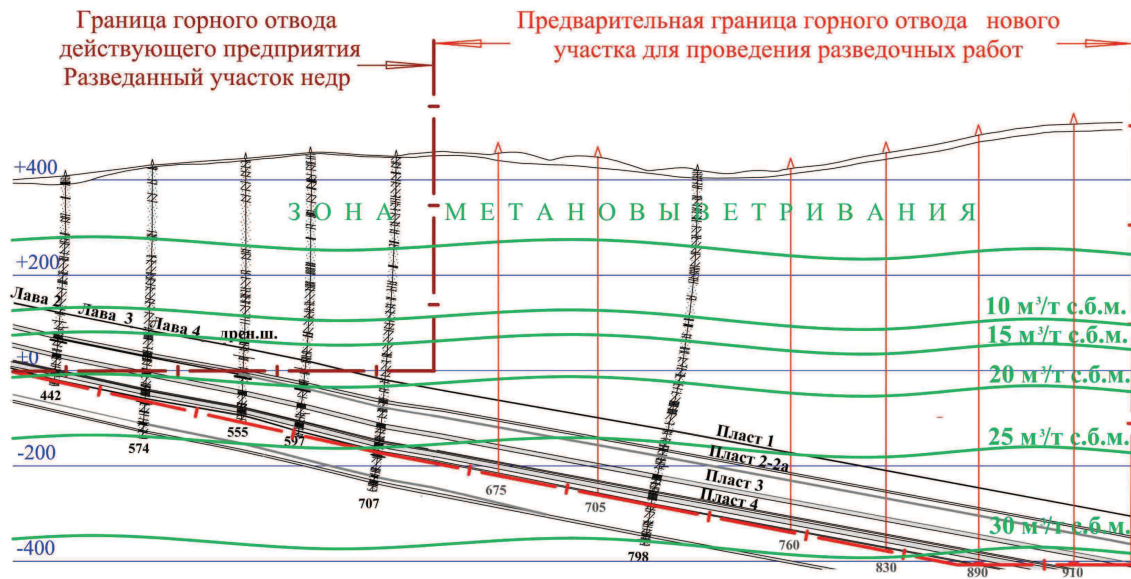


Рис. 1. Геолого-газовый разрез угольной толщи

ных работ, можно предусмотреть возможность проведения в дальнейшем и заблаговременной дегазации проектируемого участка с использованием планируемых скважин. Данные скважины необходимо временно консервировать на период составления геологического отчёта, выделения запасов метана и их утверждения.

В табл. 2 представлен анализ покрываемой площади дегазируемого участка при зонах влияния воздействия на пласт 200 и 300 м. Размещение проектируемых геологоразведочных скважин выполнено в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.

Например, учитывая требования заложения геологоразведочных скважин для относительно выдержанных пластов: 200 м между скважинами, до 400 м между разведочными линиями, создаваемая сеть при радиусе гидрорасчленения 200 м, позволит дегазировать до 100 % площади участка (рис. 2) и снизить природную газоносность до 13 м³/т с.б.м. и более.

Представленная сеть скважин также может использоваться при отработке участка для дегазации выработанного пространства, что предотвратит внезапное загазирование горных выработок при посадке основной кровли.

Следовательно, сгущение разведочной сети на стадии разработки проекта разведки участка в свою очередь позволит произвести подсчёт запасов по более высоким категориям и в дальнейшем обеспечить дегазацию 100 % площади проектируемого участка, снизит природную газоносность на 70...90 % [7], обеспечит безопасное ведение горных работ без применения предварительной дегазации, снизит нагрузку, возлагаемую на текущую дегазацию.

Предусмотрев на этапе составления проекта разведочных работ оптимальную конструкцию, количество геологоразведочных скважин и возможность их дальнейшего использования для производства заблаговременной дегазации, появляется возможность рационально использовать период

Таблица 2. Сравнительный анализ влияния густоты разведочной сети на количество покрываемой площади для производства заблаговременной дегазации участка

| Выдержанность пластов    | Покрываемая площадь дегазируемого участка      | Расстояния между скважинами по категориям запасов, м |                            |               |                            |                |                            |
|--------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
|                          |                                                | А                                                    |                            | В             |                            | С <sub>1</sub> |                            |
|                          |                                                | между линиями                                        | между скважинами на линиях | между линиями | между скважинами на линиях | между линиями  | между скважинами на линиях |
|                          |                                                | 600...800                                            | 200...400                  | 800...1200    | 400...600                  | до 2000        | до 1000                    |
| Выдержанные              | При радиусе влияния воздействия на пласт 200 м | 45...78 %                                            |                            | 20...45 %     |                            | 13...28 %      |                            |
|                          | При радиусе влияния воздействия на пласт 300 м | 72...100 %                                           |                            | 35...75 %     |                            |                |                            |
| Относительно выдержанные | При радиусе влияния воздействия на пласт 200 м | 300...400                                            | 150...250                  | 400...600     | 200...300                  | до 1000        | до 500                     |
|                          |                                                | 100 %                                                |                            | 75...100 %    |                            | 25...55 %      |                            |
|                          |                                                | 100 %                                                |                            | 100 %         |                            |                |                            |

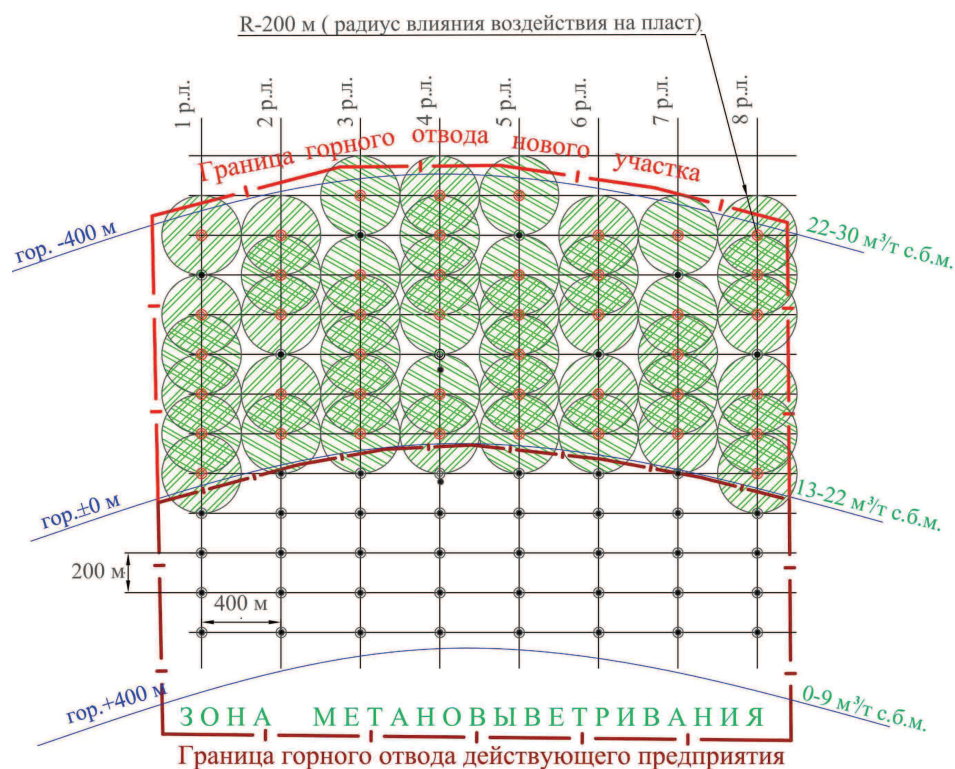


Рис. 2. Схема размещения скважин

времени проектирования участка на снижение природной газонасыщенности к началу ведения горных работ. При этом возможно более оперативно дегазировать шахтное поле в период строительства угледобывающего предприятия, производя заблаговременную дегазацию по шахтным блокам или участкам.

Концентрация добываемого метана посредством заблаговременной дегазации позволяет использовать добытый газ во многих отраслях промышленности. В странах с развитой добычей метана добытый газ в основном используется на нужды данного предприятия: для заправки автомобилей, в качестве топлива для котельных, выработки электроэнергии и т. д.

#### Выводы

Рассматривая применение разведочных скважин в качестве дегазационных, появляется возможность параллельно решить ряд производственных вопросов:

- снижаются затраты на бурение непродуктивных отложений и зоны метановыветривания (100...200 м). Объёмы бурения по непродуктивным отложениям или зоны метановыветривания на некоторых участках могут достигать 50...70 % от общего объёма бурения, проводимого при геологоразведочных работах;
- производится дегазация пластов-спутников и отщепившихся пластов, которые при отработке выемочного участка попадают в зону разгрузки и увеличивают объём метана в выработанном пространстве;
- сокращаются затраты на обсадные трубы, так как по опыту их извлечения до 40 % труб деформируется;
- появляется возможность использовать скважины в качестве дегазации купола обрушения;
- исключаются простои высокопроизводительного оборудования по газовому фактору при отработке участка;
- снижается образование фотохимического смога и «парникового» эффекта, которые возросли за последние десятилетия примерно в 8 раз за счёт выбросов метана в атмосферу из шахт Кузбасса;
- повышается рентабельность угледобычи за счёт выработки собственной электроэнергии, организации автозаправок, применения добытого метана в котельных и т. д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков Л.А., Слостунов С.В., Федунец Б.И. Перспективы добычи метана в Печорском угольном бассейне. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – 557 с.
2. Пучков Л.А., Слостунов С.В., Презент Г.М. Перспективы промышленного извлечения угольного метана // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – № 6. – С. 6–10.
3. Пучков Л.А., Слостунов С.В., Коликов К.С. Проблемы реализации концепции метанобезопасности на угольных шахтах России // Уголь. – 2009. – № 1. – С. 28–30.
4. Малышев Ю.Н., Худин Ю.Л., Васильчук М.П. и др. Проблемы разработки метаноносных пластов в Кузнецком угольном бассейне. – М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. – 463 с.
5. Слостунов С.В. Заблаговременная дегазация и добыча метана из угольных месторождений. – М.: Изд-во МГТУ, 1996. – 441 с.
6. Верниго В.М., Кульчицкий В.Б. Предупреждение горных ударов и внезапных выбросов в горнодобывающей промышленности // Горная Промышленность. – 2006. – № 4. – С. 6–7.
7. Сикора П., Смыслов Д. и др. Особенности заблаговременной дегазации угольных пластов методом бурения скважин с поверхности // Глюкауф. – 2008. – № 1. – С. 38–45.
8. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05–618–03). Серия 05 выпуск 11. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 296 с.
9. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы. – М.: Изд-во ФГУ ГКЗ, 2007. – 84 с.

Поступила 25.09.2013 г.

UDC 553.94:550.8:622.81(571.17)

## DESIGN OF GEOLOGICAL EXPLORATION CONSIDERING MULTIFUNCTIONAL USE OF WELLS TO REDUCE NATURAL GAS CONTENT OF COAL BEDS

Elena A. Shubina,

Tomsk Polytechnic University,  
Russia, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30. E-mail: Lena\_shubina@mail.ru.

Vladimir I. Brylin,

Cand. Sc., Tomsk Polytechnic University,  
Russia, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30. E-mail: brylinvi@mail.ru.

Viktor G. Lukyanov,

Dr. Sc., Tomsk Polytechnic University,  
Russia, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30.

**Relevance** of the study is important because of often methane explosions in coal mines. It obliges us to change the approach to extraction of coal and methane gas.

**The main aim of the study:** The increased natural gas-bearing of coal beds and low effectiveness of the preliminary degassing today are the most urgent problems to ensure safe coal production. The large volume of drilling at various types of degassing increases coal mining cost and does not permit to reduce the natural gas-bearing to the desired level in a short period of time.

**The methods used in the study:** The integrated approach to allocation scheme of exploration holes at the stage of exploration project will allow using these holes for further degassing of coal beds and methane production on industrial scale.

**The results:** Application of exploration holes as additional holes for degassing coal beds in advance will allow more effective reduction of natural gas-bearing to the start of coal mining. The comparative analysis of exploration network density influence with the requirements of the «Guidelines on the application of classification and probable reserves of the deposits of solid minerals, resources of coal and oil shale» and coal bed radius of stimulation achieved for the moment confirms the need for the possible use of these holes as the degassing ones. The advance degassing of coal beds is crucial to ensure coal and methane safe production on industrial scale.

### Key words:

Methane, natural gas-bearing, hole, degassing, safety of mining operations.

## REFERENCES

1. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Fedunets B.I. *Perspektivy dobychi metana v Pechorskom ugolnom bassejne* [Prospects of methane production in the Pechora coal basin]. Moscow, MGTU Publ., 2004. 557 p.
2. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Prezents G.M. *Perspektivy promyshlennogo izvlecheniya ugolnogo metana* [Prospects of industrial extraction of coal methane]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*, 2002, no. 6, pp. 6–10.
3. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Kolikov K.S. Problemy realizatsii kontseptsii metanobezопасnosti na ugolnykh shakhtakh Rossii [Problems of implementation of methane-safety concept on coal mines of Russia]. *Ugol*, 2009, no. 1, pp. 5–9.
4. Malyshev Yu.N., Khudin Yu.L., Vasilchuk M.P. *Problemy razrabotki metanonosnykh plastov v Kuznetskom ugolnom bassejne* [Problems of developing methane-bearing layers in Kuznetsk coal basin]. Moscow, Akademiya gornykh nauk, 1997. 463 p.
5. Slastunov S.V. *Zablagovremennaya degazatsiya i dobycha metana iz ugolnykh mestorozhdeniy* [Preliminary decontamination

- and methane production from coal fields]. Moscow, MGGU Publ., 1996. 441 p.
6. Vernigo V.M., Kulchitskiy V.B. Preduprezhdenie gornyykh udarov i vnezapnykh vybrosov v gornodobyvayushshey promyshlennosti [Prevention of mountain blows and sudden emissions in the mining industry]. *Gornaya Promyshlennost*, 2006, no. 4, pp. 6–7.
  7. Sikora P., Smyslov D. Osobennosti zablagovalennoy degazatsii ugodnykh plastov metodom bureniya skvazhin s poverkhnosti [Features of preliminary decontamination of coal layers by the method of well surface drilling]. *Glyukauf*, 2008, no. 1, pp. 38–45.
  8. *Pravila bezopasnosti v ugodnykh shakhtakh (PB 05–618–03)* [Safety rules for coal mines]. Moscow, Gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie «Nauchno-tekhnicheskiy tsentr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii». Ser. 05, Iss. 11, 2003. 296 p.
  9. *Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu Klassifikatsii zapasov mestorozhdeniy i prognoznnykh resursov tverdykh poleznykh iskopaemykh. Ugli i goryuchie slantsy* [Methodical recommendations on application of Classification of stocks of fields and expected resources of firm minerals. Coals and combustible slates]. Moscow, FGU GKZ Publ., 2007. 34 p.

УДК 541.64:622.245.422

## ПОРИСТОСТЬ И ПРОНИЦАЕМОСТЬ ОБЛЕГЧЁННЫХ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ

Пахарев Александр Владимирович,

ассистент кафедры бурения Института природных ресурсов ТПУ,  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30.  
E-mail: avpaharev@tpu.ru, gtn\_tomsk@mail.ru

Приводятся свойства тампонажных растворов с полыми стеклянными микросферами для условий скважин Томской области. Рассмотрены пористость и проницаемость тампонажного камня. Пористость тампонажного камня определялась на основе метода А.Г. Перехоженцева. Была определена пористость цементной матрицы. Также была определена общая пористость тампонажного камня. По классификации Г.И. Горчакова была количественно оценена гелевая, капиллярная, воздушная пористость цементной матрицы и облегчённого тампонажного камня в зависимости от расхода полых стеклянных микросфер. После обработки полученных изотерм сорбции для образцов тампонажного камня были построены графики. Анализ этих графиков позволяет заключить, что при твердении тампонажного камня при давлениях формируется более плотная структура камня, также введение в состав облегчённого тампонажного раствора полых стеклянных микросфер снижает паропроницаемость камня.

### Ключевые слова:

Облегчённые тампонажные растворы, полые стеклянные микросферы, свойства тампонажных растворов, пористость, проницаемость камня.

В статье [1] авторами был проведён подробный анализ геологических условий нефтяных и нефтегазоконденсатных месторождений Томской области. Авторы [2, 3] считают, что разработанный облегчённый тампонажный раствор с полыми стеклянными микросферами (ПСМС) для крепления скважин является одним из лучших способов обеспечения их надёжной эксплуатации. Тем более что такими растворами зацементировано более 100 скважин на месторождениях Севера Тюменской области, Нижней Волги и шельфа Каспийского моря.

Для комплексного изучения свойств тампонажного раствора с полыми стеклянными микросферами необходимо исследование пористости и проницаемости цементного камня. Минимальные значения этих характеристик после ожидания затвердевания цементного раствора (ОЗЦ) будут обеспечивать герметичность конструкции скважины, требуемые прочностные показатели. Свойства облегчённого тампонажного раствора с полыми стеклянными микросферами представлены в табл. 1.

Пористость тампонажного камня определялась на основе метода А.Г. Перехоженцева по сорбции водяного пара в порах цементных материалов раз-

ных диаметров [4]. Размер молекулы воды был принят  $3,5 \cdot 10^{-10}$  м.

**Таблица 1.** Свойства облегченного тампонажного камня.  
Условия твердения: температура  $(75 \pm 2)^\circ\text{C}$ , давление – атмосферное

| Состав раствора, мас. %   | Средняя плотность, г/см <sup>3</sup> | Пористость матрицы, % | Прочность, МПа |        |
|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------|--------|
|                           |                                      |                       | изгиб          | сжатие |
| 100 ПЦТ; 50 В             | 1,815                                | 15,1                  | 5,6            | 17     |
| 100 ПЦТ1; 2,5 ПСМС2; 58 В | 1,61                                 | 14,2                  | 4,8            | 12,5   |
| 100 ПЦТ; 5 ПСМС; 62,5 В   | 1,425                                | 18,2                  | 3,5            | 7,5    |
| 100 ПЦТ; 7,5 ПСМС; 70 В   | 1,34                                 | 20                    | 2,45           | 6      |
| 100 ПЦТ; 2,5 АПСМС3; 54 В | 1,624                                | 12,3                  | 5,4            | 13,9   |
| 100 ПЦТ; 5 АПСМС; 59 В    | 1,48                                 | 13,8                  | 4,5            | 8,7    |
| 100 ПЦТ; 7,5 АПСМС; 66 В  | 1,41                                 | 18,5                  | 3,6            | 7,5    |

Примечание: 1 – полые стеклянные микросферы; 2 – портландцемент тампонажный; 3 – аппретированные полые стеклянные микросферы.

Была определена пористость цементной матрицы, которая располагается между водо- и газонепроницаемыми полыми стеклянными микросферами. Результаты представлены в табл. 1, 2. Анализ этих результатов показал, что при использова-