

УДК 622.324.5

## АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ПРИМЕНИМОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ДОБЫЧИ МЕТАНА ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Шевцов А.Г., аспирант

Научный руководитель: Хямяляйнен В.А., д.т.н., проф., зав. кафедрой теоретической и геотехнической механики

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Постепенное истощение запасов традиционных месторождений нефти и газа вынуждает обратить внимание промышленности на нетрадиционные источники углеводородов, одним из которых являются угольные пласты. Геологическая история формирования месторождений угля по всему миру показывает, что процесс углефикации неразрывно связан с генерацией и аккумуляцией газа. Огромные ресурсы газа в нетронутых угольных пластах и содержание в них метана более 98% позволяют рассматривать его как самостоятельное полезное ископаемое, подходящее для коммерческой добычи [1].

Промышленная добыча метана из нетронутых угольных пластов уже ведется в большинстве стран мира [2-4], обеспечивая не только потребности в топливе, но и позволяя подготовить угольные месторождения для последующей безопасной отработки угля путем заблаговременной дегазации [5]. Что касается Российской Федерации, в 2010 году в Кузбассе был запущен первый метаноугольный промысел, а Приказом Росстандарта от 22.11.2011 №570-ст метан угольных пластов (далее – МУП) включен в Общероссийский классификатор полезных ископаемых и подземных вод [6].

В мировой практике добыча МУП осуществляется вертикальными и наклонно-направленными скважинами, не отличающимися высоким дебитами [4]. Необходимость в увеличении площади дренирования для достижения более высоких показателей добычи привела метаноугольную отрасль к повсеместному строительству горизонтальных скважин с проходкой по угольному пласту [3, 4]. В рамках данной работы рассмотрим критерии применимости данного типа скважин для освоения месторождений метана угольных пластов и перспективные направления дальнейших исследований.

Первая экспериментальная горизонтальная метаноугольная скважина была пробурена с поверхности в 1978 году в рамках проекта дегазации одной из шахт в США [3]. Скважина состояла из криволинейной секции с радиусом ~360 м, набирающей угол практически от поверхности, трех горизонтальных стволов с проходкой по пласту ~840 м, одной основной и семью дополнительными вертикальными дренирующими скважинами. Данная попытка позволила впервые выявить проблемы горизонтального бурения по угольным пластам. Так, вертикальные скважины, пробуренные вблизи горизонтальных

стволов и не пересекающие их, не позволяли эффективно дренировать угольный пласт. Более того, фильтрационные свойства угольного пласта были нарушены во время бурения в связи с превышением пластового давления и кольматацией проводящих трещин образующимся угольным шламом.

В 1998 году одна из американских компаний, занимающихся добычей МУП, значительно улучшила технологию бурения по угольному пласту и, получив ряд патентов [7, 8], стала тиражировать ее не только на метаноугольные месторождения США, но и на месторождения угольного метана по всему миру. Основными достоинствами технологии стали использование каверн в вертикальных дренирующих скважинах длястыковки горизонтальных секций, бурение с пониженным давлением (на депрессии, путем закачки в скважину воды и воздуха), а также увеличение площади дренирования благодаря «перьеобразной» конструкции.

С 2000 года технология горизонтального бурения по угольным пластам начала применяться в КНР [9, 10]. В 2013 году на Нарыкско-Осташкинском метаноугольном месторождении Кузбасса ООО «Газпром добыча Кузнецк» была построена первая в Российской Федерации горизонтальная метаноугольная скважина, и уже в ближайшее время планируется строительство первых в России многозабойных скважин с проходкой по угольным пластам с учетом передового опыта китайских компаний [6].

По итогам анализа литературных источников, на рисунке 1 представлены основные применяющиеся в настоящее время в мировой практике типы горизонтальных метаноугольных скважин. Стоит отметить, что результаты их эксплуатации показывают высокую эффективность технологий горизонтального бурения по угольным пластам. К примеру, пиковые дебиты некоторых горизонтальных скважин по углю достигают  $\sim 150$  тыс.  $\text{м}^3$  в сутки [4], что сопоставимо с дебитами на традиционных газовых месторождениях. Тем не менее, горизонтальные метаноугольные скважины одинаковой конструкции в схожих горно-геологических условиях могут показывать совершенно отличающиеся друг от друга результаты.

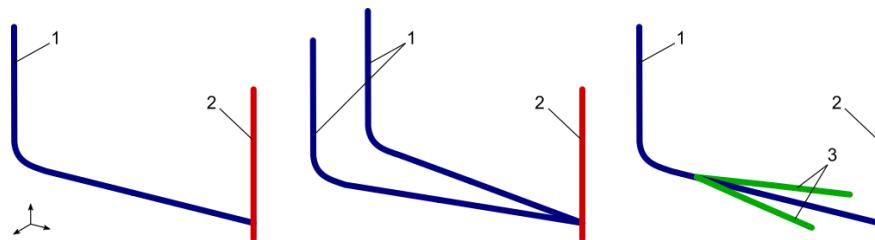


Рисунок 1 – Основные типы горизонтальных метаноугольных скважин (слева на право): одиночная U-образная, система U-образных («шеврон»), многозабойная; 1 – горизонтальная скважина, 2 – вертикальная скважина, 3 – боковые стволы.

Что касается оценки применимости определенных типов горизонтальных скважин в имеющихся горно-геологических условиях, в мировой практи-

ке чаще всего используется упрощенный критерий – низкопроницаемые угольные пласти мощностью более 1 м являются кандидатами для горизонтального бурения [2]. В свою очередь, специалистами АО «Газпром промгаз» предложена более подробная классификация метаноугольных месторождений, позволяющая выполнить выбор конструкции, траектории и профиля скважины, а также технологию заканчивания в зависимости от условий его залегания и других параметров [11]. Тем не менее, обе методики не учитывают действующее в массиве горных пород напряженно-деформированное состояние (далее – НДС), которое оказывает значительное влияние на проницаемость угольного пласта [12]. К примеру, на рисунке 2 представлены результаты проведенного моделирования НДС угольного пласта, вскрытого многозабойной метаноугольной скважиной и оценки изменения его проницаемости. Полученные результаты подтверждают, что для обеспечения обоснования применения конкретного типа горизонтальной метаноугольной скважины, несомненно, необходима разработка методики, учитывающей действующие в угольном пласте напряжения.

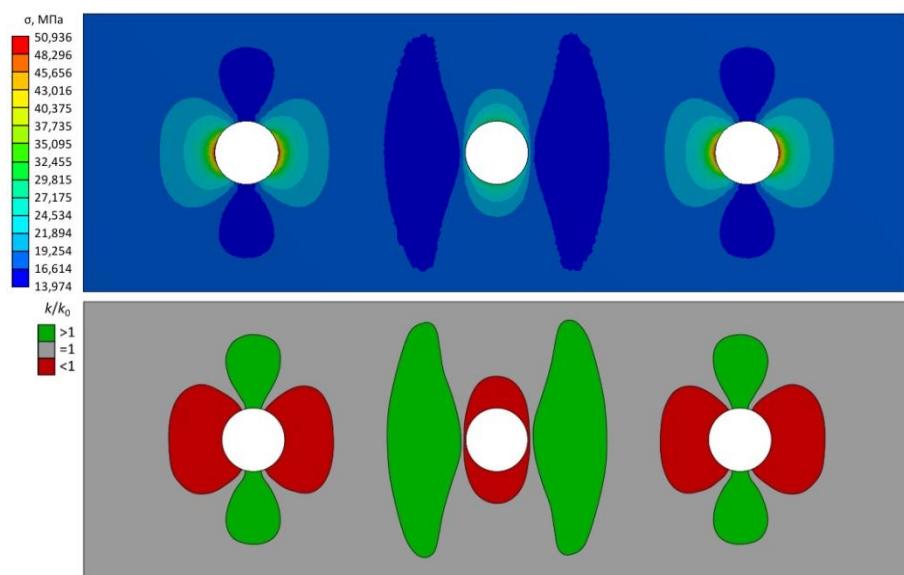


Рисунок 2 – Результаты проведенного моделирования НДС угольного пласта, вскрытого многозабойной метаноугольной скважиной и оценки изменения его проницаемости;  $\sigma$  – действующее в угольном пласте напряжение, МПа,  $k/k_0$  – отношение текущей проницаемости угольного пласта к начальной.

Таким образом, проведенный в рамках данной работы анализ показывает, что применение горизонтальных скважин для освоения месторождений метана угольных пластов действительно позволяет значительно повысить показатели добычи. Тем не менее, даже в схожих горно-геологических условиях горизонтальные метаноугольные скважины одинаковой конструкции могут показывать отличные друг от друга результаты. Отсутствие научного обоснования применения того или иного типа горизонтальной метаноугольной скважины требует разработки методики, позволяющей инженеру в области

добычи метана угольных пластов принимать взвешенное решение, которое возможно лишь на основе трех критериев в совокупности: конструкция скважины, напряженно-деформированное состояние угольного пласта и его проницаемость, что, несомненно, является актуальным направлением дальнейших исследований.

### **Список литературы:**

1. Кузнецкий бассейн – крупнейшая сырьевая база промысловой добычи метана из угольных пластов / А.М. Караваевич, В.Т. Хрюкин, Б.М. Зимаков, Н.Г. Матвиенко, С.С. Золотых, В.Г. Натура, Т.С. Попова. – М.: Издательство Академии горных наук, 2001. – 64 с.
2. Coal Bed Methane: Principles and Practices / R.E. Rogers, K. Ramurthy, G. Rodvelt, M. Mullen. – Halliburton Co., 2007. – 504 p.
3. Coal Bed Methane: From Prospect to Pipeline. 1st ed. Edited by Pramod Thakur, Steve Schatzel, Kashy Aminian. San Diego, CA, USA: Elsevier Inc., 2014. 440 p.
4. Pramod Thakur. Advanced reservoir and production engineering for coal bed methane. 1nd ed. Morgantown, USA: Elsevier Inc., 2017. 210 p.
5. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений / Н.В. Ножкин. – М.: Недра, 1979. – 271 с.
6. Золотых С.С. Из недр кузбасских кладовых – горючий газ метан / С.С. Золотых, В.С. Арнаутов, Е.В. Сурина. – Кемерово: АИ «Кузбассвузиздат», 2015. – 247 с.
7. Pat. US 6 662 870 B1 United States, Int. Cl. E21B 43/00. Method and system for accessing subterranean zones from a limited surface area / J.A. Zupanick, M.H. Rial; Assignee: CDX Gas, LLC; заявл. 30.01.2001; опубл. 16.12.2003.
8. Pat. US 6 668 918 B2 United States, Int. Cl. E21B 43/00. Method and system for accessing subterranean deposits from the surface / J.A. Zupanick; Assignee: CDX Gas, LLC; заявл. 07.01.2002; опубл. 30.12.2003.
9. Yang Y. A new attempt of a CBM tree-like horizontal well: a pilot case of well ZS 1P-5H in the Qinshui Basin / Yong Yang, Shuqing Cui, Yuanyong Ni, Fengrui Wang, Yihan Yang и др. // Natural Gas Industry B – №2. – Sichuan Petroleum Administration, 2014.
10. Zhang Y. Problems in the development of high-rank CBM horizontal wells in the Fanzhuang-Zhenghuang Block in the Qinshui Basin and countermeasures / Yongping Zhang, Yanhui Yang, Guoliang Shao, Longwei Chen, Ning Wei и др. // Natural Gas Industry B – №4. – Sichuan Petroleum Administration, 2017.
11. Сторонский Н.М. Типизация метаноугольных месторождений Кузбасса по перспективам добычи метана с применением различных технологий интенсификации газоотдачи угольных пластов / Н.М. Сторонский, В.Т. Хрюкин, Е.В. Швачко, А.Н. Васильев, А.В. Кирильченко и др. // Записки Горного института – Т. 188. – Санкт-Петербург, 2010.
12. Seidle J. Fundamentals of Coalbed Methane Reservoir Engineering / J. Seidle. – PennWell Corporation, 2011. – 401 p.