

УДК 622.324.5

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В НЕТРОНУТЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Попков А.С., стажер геолога, студент гр. ПГс-201, III курс  
(ООО «Газпром добыча Кузнецк»,  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева)

Смирнова А.Д., ассистент кафедры маркшейдерского дела и геологии,  
аспирант группы ГМа-211, II курс  
(Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева)

Шевцов А.Г., к.т.н., геолог по разработке месторождений  
(ООО «Газпром добыча Кузнецк»)  
г. Кемерово

Успешность заблаговременного извлечения метана из угольных пластов скважинами, пробуренными с поверхности, в значительной степени зависит от проницаемости целевых угольных пластов, определяющей способность трещин пропускать через себя пластовую воду и, после достижения давления начала десорбции, непосредственно газ. В свою очередь, значительное влияние на проницаемость оказывают действующие в угольном пласте напряжения, основными из которых являются пластовое давление (давление насыщающей угольный пласт пластовой жидкости), геостатическое напряжение (вертикальное давление толщи вышележащих горных пород) и горизонтальные напряжения (напряжения, действующие на угольный пласт в горизонтальной плоскости и включающие в себя тектонические напряжения). Таким образом, учитывая указанные параметры и направление распространения основного кливажа угольных пластов, выбор мест заложения скважин для добычи метана угольных пластов можно сделать более обоснованным, что должно значительно сказываться на продуктивности скважин по газу.

Практика освоения ресурсов метана угольных пластов в Кузбассе показывает, что исходные данные для определения напряжений, получаемые при бурении, исследовании и заканчивании метаноугольных скважин имеют чаще всего достаточный объем (плотностной и акустический каротаж, гидродинамические исследования скважин, исследования физико-механических свойств угольного керна и мини-гидроразрыв), но в связи с низкой плотностью сетки скважин не могут быть распространены на все исследуемое месторождение. В свою очередь, разведочные скважины на уголь бурят на меньшем расстоянии друг от друга, но ограниченными по глубине и без проведения ряда требуемых исследований (не выполняется плотностной и акустический каротаж, нет

необходимости в проведении мини-гидроразрыва). Общей проблемой является недостаточный объем кондиционных проб угольного керна для исследований физико-механических свойств угля в виду нестабильной трещиноватой структуры угольных пластов.

Учитывая вышеуказанные моменты, актуальным является определение и прогнозирование напряжений в нетронутых угольных пластах в условиях недостаточности исходных данных. Целью данной работы является определение особенностей этого процесса, позволяющих повысить эффективность освоения ресурсов и запасов метана угольных пластов в Кузбассе. Для этого рассмотрим на примере Нарыкско-Осташкинского метаноугольного месторождения распределение действующих в угольных пластах напряжений в зависимости от истинной вертикальной глубины залегания (рисунок 1).

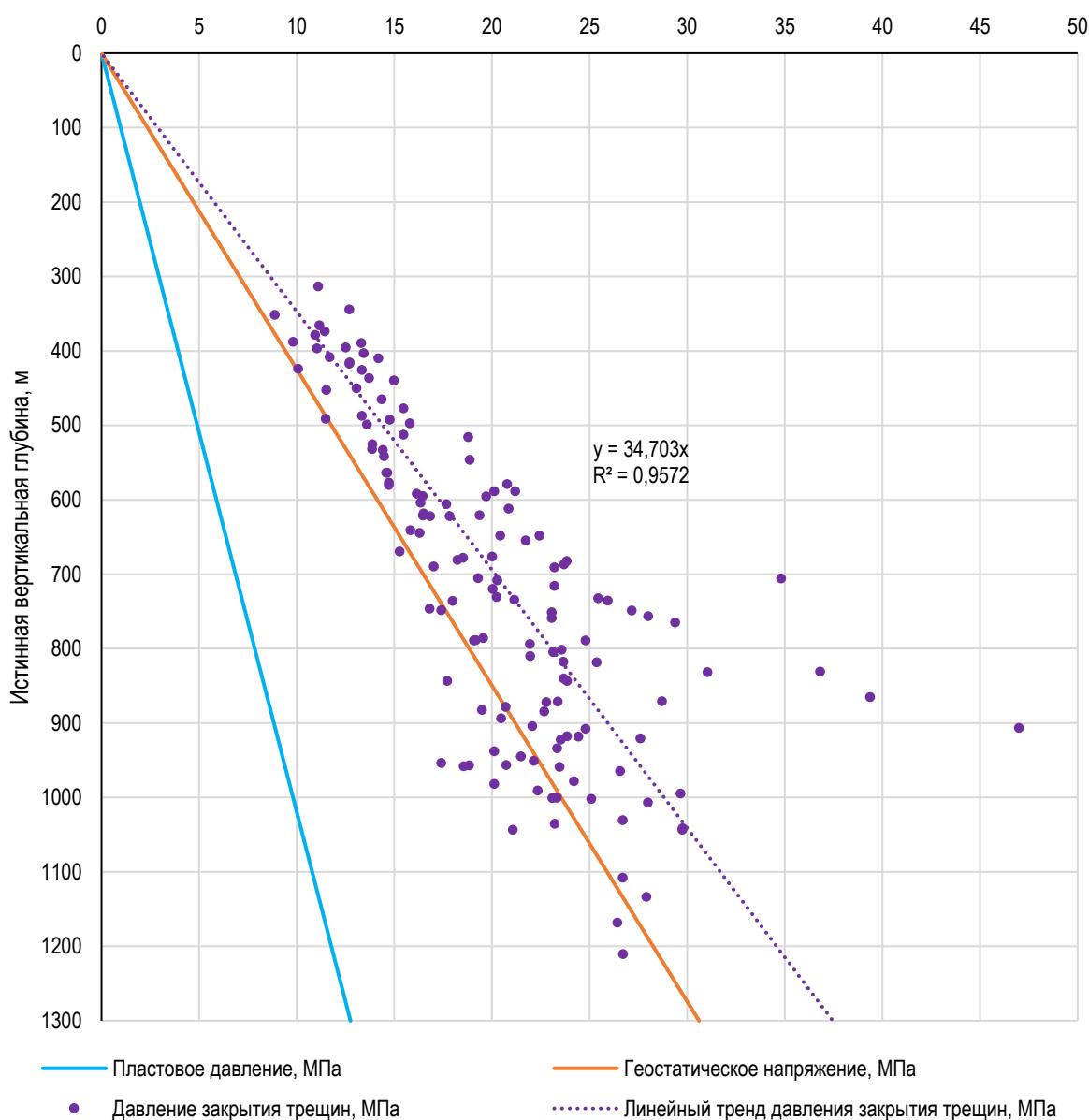


Рисунок 1 – Распределение действующих в угольных пластах напряжений в зависимости от истинной вертикальной глубины залегания на примере Нарыкско-Осташкинского метаноугольного месторождения

Пластовое давление на глубине залегания угольного пласта характеризует давление, создаваемое пластовой водой, заполняющей все открытые пустоты (трещины) в угольных пластах, и соответствует гидростатическому давлению столба жидкости в скважине на указанную глубину. Таким образом, градиент пластового давления для Нарыкско-Осташкинского метаноугольного месторождения составляет 9,81 кПа/м, что подтверждается результатами определения пластового давления при интерпретации гидродинамических исследований скважин. Данный градиент является ценным источником данных не только с позиции геомеханики, но и для сопровождения разработки месторождений метана угольных пластов, т. к. позволяет определить необходимую разницу давлений (депрессию), при которой давление газа в микропорах угля превысит противодавление, создаваемое водой, и позволит метану устремиться по трещинам в добывающую скважину.

Геостатическое напряжение соответствует давлению вышележащей толщи горных пород и по результатам исследований скважин методом плотностного гамма-гамма-каротажа может быть определено по градиенту геостатического напряжения, который составляет для исследуемого месторождения 23,54 кПа/м. Примечательно, что данный градиент немного выше типового 22,98 кПа/м [1], что является косвенным свидетельством уплотнения горных пород вследствие действия тектонических напряжений.

Определение горизонтальных напряжений, как правило, осуществляется расчетным способом. В условиях Кузбасса и Нарыкско-Осташкинского метаноугольного месторождения в частности, перед проведением операций гидоразрыва пластов (ГРП) в целевых интервалах были выполнены мини-ГРП, являющиеся ценным источником информации о минимальном напряжении, действующем в исследуемых участках массива горных пород. Определяемое по графикам давлений при проведении мини-ГРП давление закрытия трещин после закачки характеризует напряжение, которое препятствует этой закачке и его ось соответствует оси, вдоль которой напротив, происходило расширение трещины ГРП [1].

Тот факт, что на рисунке 1 давление закрытия трещин, в теории будучи минимальным, преимущественно выше геостатического напряжения, говорит о том, что именно горизонтальные напряжения имеют наибольшее влияние на течение жидкости в угольных пластах. Анализ кернового материала и результаты интерпретации кросс-дипольного акустического каротажа показывают, что основной кливаж угольных пластов Нарыкско-Осташкинского месторождения распространяется в вертикальной плоскости, именно поэтому влияние геостатического напряжения на течение жидкости не является существенным. Подтверждением этого является существующая теория образования кливажа угольных пластов [2]. Применительно к Кузбассу, образование основного кливажа как раз происходило в условиях отсутствия высоких тектонических напряжений, в связи с чем давление толщи пород было преобладающим. В результате дальнейших циклов тектонического сжатия, образовались уже дополнительные сети естественных трещин. Тем не менее, протяженность и

равномерность основного кливажа делают его основным путем движения воды и газа в угольных пластах.

Представленные градиенты пластового давления и геостатического напряжения справедливы для любой скважины в пределах Нарыкско-Осташкинского месторождения и являются частью типовой одномерной геомеханической модели для данных горно-геологических условий. Продолжение исследований в рамках работы будет направлено на возможность применения полученных типовых зависимостей для Тутуяской площади Кузбасса, где в условиях большой площади проведения геологоразведочных работ на метан угольных пластов является актуальным повышение эффективности выбора мест заложения поисково-оценочных и разведочных метаноугольных скважин, а также в определении зависимостей, позволяющих прогнозировать горизонтальные напряжения, определяющие непосредственно проницаемость угольных пластов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-03-2021 138/3).

#### **Список литературы:**

1. Zoback, M.D. Reservoir Geomechanics / M.D. Zoback. – Cambridge University Press, 2007. – 461 p.
2. Laubach, S.E. Characteristics and Origins of Coal Cleat: A Review / S.E. Laubach, R.A. Marrett, J.E. Olson, A.R. Scott // International Journal of Coal Geology. – 1998. – № 35. – S. 175–207.