



**А.В. Кирильченко**  
ОАО «Газпром промгаз»  
заведующий сектором  
A.Kirilchenko@promgaz.gazprom.ru



**В.Т. Хрюкин**  
канд. геол.-мин. наук  
ОАО «Газпром промгаз»  
руководитель проектов  
главный научный сотрудник  
V.Khryukin@promgaz.gazprom.ru



**Е.В. Швачко**  
ОАО «Газпром промгаз»  
директор научно-технического  
центра  
E.Shvachko@promgaz.gazprom.ru

# Методологические подходы к подсчету запасов метана в угольных пластах как нетрадиционных коллекторах

*Рассмотрены ключевые аспекты методики подсчета запасов метана угольных пластов как самостоятельного полезного ископаемого, связанные с особенностями нетрадиционного коллектора – угольного пласта. Предложен подход к обоснованию границ подсчета, определению подсчетных параметров, отмечены некоторые другие важные моменты*

*Article is devoted to key methodological aspects of coalbed methane reserves estimation in light of the unconventional reservoir characteristics. An approach to the boundaries, calculation parameters and other important points determination is offered*

**Ключевые слова:** подсчет запасов; метан угольных пластов; нетрадиционные коллекторы

**Keywords:** coalbed methane; reserves estimation; unconventional reservoirs

Г осударственной программой РФ «Воспроизводство и использование природных ресурсов» [1], утвержденной постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 322, предусмотрено мероприятие 1.19 «Организация добычи метана угольных пластов», первоочередными приоритетами для реализации которой являются создание соответствующей нормативно-методической базы; проведение переоценки ресурсов и подсчета запасов газов угленосных толщ на территории РФ; создание информационных основ для геолого-экономического обоснования выбора объектов

прироста промышленных запасов газа в угольных пластах и для оценки экономической эффективности их освоения.

На протяжении последних лет ОАО «Газпром промгаз» в комплексе с другими научно-методическими работами по освоению ресурсов метана угольных пластов вело разработку и апробацию методологических подходов к подсчету запасов и оценке ресурсов метана угольных пластов как самостоятельного полезного ископаемого, что позволило выделить основополагающие моменты, определяющие отличия в методиках подсчета запасов газа в традиционных коллекторах и газа в угольных пластах.

### Особенности угольных пластов как нетрадиционных коллекторов

Угольные пласты рассматриваются как нетрадиционные газовые коллекторы в связи с тем, что свойства угольного пласта значительно отличаются от свойств традиционных газовых коллекторов. Газы в угольных пластах находятся в свободном и сорбированном состоянии.

Свободный газ занимает поровое пространство (гранулярное и трещинное). Количество его в угле зависит от открытой пористости, температуры и давления. Количество свободного газа в угольных пластах нарастает с увеличением глубины. Содержание свободного газа до глубин 1200–1500 м обычно не превышает 5–10%.

Основная масса метана в угольных пластах (около 90–95% от общего объема) находится в сорбированном состоянии в форме адсорбции метана на поверхности угольных частиц и их микропор. Собственно угольная матрица слабопроницаема. Сам угольный пласт как коллектор представляет собой трещинно-пористое тело, емкостной объем которого составляют микропоры размером от 5 до 8–10 Å, а фильтрационные характеристики предопределяются системой макропор и трещин кливажа. При подсчете запасов учитывается именно объем метана, сорбированного в микропорах угля.

В связи с этими особенностями форм нахождения метана подсчет запасов метана в угольных пластах традиционным объемным методом, основанном на учете компрессии газа в порово-трещинном пространстве, приводит к заниженным результатам относительно общего содержания метана.

### Границы подсчета запасов

Обоснование границ подсчета запасов и оценки ресурсов включает обоснование выбора верхней, нижней границ подсчета, в так же границы подсчета в плане.

Особенностью выделения контура подсчета в плане является то, что в связи со спецификой распространения угольных пластов в разрезе (отсутствием границ типа покрывка, газодляющей контакт и пр.), зачастую в качестве внешних границ подсчета могут быть использованы границы лицензионных отводов газодобывающего предприятия и смежных с ними организаций.

Определение границ подсчета запасов различных категорий базируется на выдержанности геолого-промысловых характеристик угольных пластов и удаленности от сква-

жин, из которых получены промышленные притоки. Под промышленным притоком понимается средний дебит метаноугольных скважин за период их эксплуатации, предопределяющий накопленную добычу газа в объеме, обеспечивающем экономически целесообразную разработку метаноугольного месторождения.

Исходя из имеющегося на сегодня опыта освоения и подсчета запасов метана Талдинского и Нарькско-Осташкинского метаноугольных месторождений, границы подсчета запасов категории  $C_1$  предлагается определять в районе разведочных или эксплуатационных скважин на расстояниях от 3 до 5 радиусов влияния скважин, максимально для участков простого геологического строения с хорошими фильтрационными характеристиками пластов, и уменьшать для участков сложного геологического строения с низкими значениями фильтрационных свойств угольных пластов.

Выделение запасов категории  $C_2$  следует проводить на площадях, примыкающих к участкам с запасами метана более высоких категорий, либо в метаноугольных залежах, расположенных стратиграфически выше и ниже залежей с запасами более высоких категорий. При этом площадь запасов категории  $C_2$  не может превышать двух радиусов площади запасов категории  $C_1$ , и площадь запасов категории  $C_2$  рекомендуется ограничивать структурными и тектоническими границами (непроводящими разломами).

Положение верхней и нижней границ подсчета зависит от диапазона глубин, на которых могут быть получены промышленные притоки газа. Как правило, за верхнюю границу подсчета принимают положение изогазы 10 м<sup>3</sup>/т, ниже которой по разрезу идет равномерное нарастание метаноносности, и, следовательно, стабильное увеличение количества начальных геологических запасов. Положение нижней границы подсчета запасов связано с предельной глубиной, ниже которой, согласно прогнозу или результатам пробной эксплуатации, не ожидаются рентабельные объемы добычи газа.

### Подсчетные параметры

Исходными параметрами для подсчета запасов метана в угольных пластах служат: масса (или объем) угля (коллектора метана) продуктивной группы пластов (или отдельных пластов) и природная метаноносность угольных пластов. Специфика методов определения геолого-промысловых характеристик

угольных пластов также определяется особенностями форм нахождения и распределения газов в угленосных толщах.

Если определение глубин залегания и морфологии угольных пластов проводится по аналогии с такими же задачами при разведке угольных месторождений, лишь с некоторой возможной корректировкой объемов исследования, то при исследовании природной метаносности угольных пластов на метанугольных месторождениях должны решаться следующие задачи:

- выяснение состава и распределения газов по стратиграфическому разрезу угленосных отложений, по вертикали и по площади месторождений;

- изучение влияния геологических, тектонических, гидрогеологических, геоморфологических и геокриологических условий на распределение газов, обуславливающих современную газовую зональность месторождений;

- установление зависимостей природной метаносности угольных пластов от стадий метаморфизма, влажности, петрографических особенностей и физико-химических свойств углей, а также от других геологических и геотермических факторов;

- изучение сорбционных характеристик углей (потенциальной метаноемкости).

Газовая зональность метанугольных месторождений определяется по составу газов и метаносности угольных пластов с учетом геологических, тектонических, геоморфологических и гидрогеологических условий. При определении газовой зональности рекомендуется использовать метод изучения качественного состава газа. В качестве вспомогательного может быть использован метод прямого определения газоносности в соответствии с Инструкцией Института газовых исследований США (GRI).

Рекомендуемая плотность представительного опробования метаносности угольных пластов для установления характера нарастания метаносности с глубиной по результатам разведочного этапа работ должна быть:

- для месторождений простого строения вблизи границы метановой зоны – не менее 1 пробы на 3 км<sup>2</sup> каждого пласта (продуктивной группы пластов), и не менее 1 пробы на 5 км<sup>2</sup> пласта (продуктивной группы пластов) на глубинах 800–1000 м;

- для месторождений сложного и очень сложного строения вблизи границы метановой зоны – не менее 1 пробы на 1 км<sup>2</sup> пласта (продуктивной группы пластов), и не менее

1 пробы на 3 км<sup>2</sup> пласта (продуктивной группы пластов) на глубинах 800–1000 м.

В связи с тем, что с помощью керногазонаборников (в силу их конструктивных особенностей и технологий отбора проб) нельзя получить такие значения метаносности, которые превышали бы ее природную величину, получаемые по пробам максимальные значения метаносности наиболее приближены к природной метаносности угольных пластов. Поэтому при оценке представительности опробования, при прогнозе метаносности угольных пластов предпочтение отдается пробам, имеющим максимальные значения.

### Подсчет запасов

Подсчет запасов (оценка ресурсов) метана в угольных пластах является сочетанием метода геологических блоков, используемого для подсчета запасов угля, и объемного метода подсчета запасов газа. При использовании для подсчета запасов цифровой геологической модели вся залежь разбивается на элементарные ячейки, которые содержат информацию о соответствующих значениях подсчетных параметров. На ранних стадиях изученности метанугольных площадей при оценке ресурсов возможно выделить подсчетные блоки в пределах метанугольной залежи, определить массу или объем угля и рассчитать средние значения метаносности пластов в границах выделенных блоков.

Запасы  $Q$  метана в угольных пластах подсчитывают по формуле:

$$Q = m \cdot M \quad (1)$$

или

$$Q = V \cdot m, \quad (2)$$

где  $Q$  – начальные запасы метана, м<sup>3</sup>;  $m$  – сухая беззольная масса угля, т;  $M$  – метаносность, рассчитанная на сухую беззольную массу угля, м<sup>3</sup>/т с.б.м. угля (или м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> угля);  $V$  – объем сухого беззольного угля, м<sup>3</sup>.

### Оценка проницаемости угольных пластов

Проницаемость угольных пластов не относится к подсчетным параметрам напрямую, однако имеет одно из ключевых значений при гидродинамическом моделировании разработки, поэтому определению проницаемости также должно уделяться большое внимание [2].

Проницаемость является одной из наиболее изменчивых характеристик угольных пластов. Ее изменение по площади, связанное в значительной степени с горным давлением, деформационными свойствами угля, степенью метаморфизма, тектонической нарушен-

ностью и пр., представляет собой достаточно сложную картину и предопределяет различный характер развития областей дренирования вокруг скважин.

Моделирование областей дренирования разведочных скважин, выполняемое с использованием гидродинамической модели с учетом распределения проницаемости, позволяет получать значения радиусов, которые следует учитывать при выборе схемы размещения эксплуатационных скважин, обосновании радиусов запасов различных категорий и последующей геолого-экономической оценке перспектив разработки рассматриваемой площади.

Коэффициент извлечения метана, устанавливающий извлекаемую часть запасов, определяется горно-геологическими и геолого-экономическими факторами, включающими:

- остаточную метаноносность угля;
- фильтрационные характеристики угольных пластов;
- технологии интенсификации их газоотдачи;
- сетку эксплуатационных скважин, принятую для рациональной разработки метаноугольного месторождения;
- себестоимость добываемого газа и его цену.


Коэффициент извлечения метана временно, на вновь вводимых в эксплуатацию месторождениях ОАО «Газпром», устанавливается равным 0,4. В процессе разработки месторождения (но не позже чем через 3 года после начала его эксплуатации) на основании результатов опытно-промышленной и эксплуатационной добычи газа с применением методов гидродинамического моделирования необходимо определить коэффициент извлечения метана из угольных пластов для данного месторождения или участка месторождения.

Вопрос определения количества извлекаемых запасов, напрямую связанный с оценкой проницаемости угольных пластов, остается одним из наиболее сложных и нуждающихся в глубокой проработке. Дальнейшие научные

и опытно-промышленные работы на метаноугольных площадях позволят достичь более достоверных результатов прогноза добычных возможностей скважин, и как следствие, повысить качество оценки извлекаемой части запасов.

Изложенные выше положения легли в основу «Временных методических рекомендаций по подсчету запасов и оценке ресурсов метана в угольных пластах как самостоятельного полезного ископаемого». Рекомендации после рассмотрения были утверждены на совместном заседании секции нефти и газа и секции твердых полезных ископаемых Экспертно-технического совета ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых».

Эти рекомендации – первые в ряду новых документов, которые в перспективе сформируют нормативно-методическую базу федерального уровня, содержащую документы, регламентирующие различные аспекты разведки и разработки метаноугольных месторождений, в т.ч. вопросы методики проведения наземных и скважинных геофизических исследований, изучения геолого-промысловых свойств угольных пластов, строительства метаноугольных скважин, охраны окружающей среды при разведке и разработке метаноугольных месторождений и др.

Вместе с тем, накопленный к настоящему моменту опыт апробации методики при подсчете запасов метана угольных пластов Талдинского и Нарыкско-Осташкинского метаноугольных месторождений, дает возможность с уверенностью говорить о том, что предложенные методологические подходы позволяют с высокой степенью достоверности подсчитывать геологические запасы метана угольных пластов как самостоятельного полезного ископаемого, а вопрос более точного определения извлекаемых запасов – это вопрос времени и получения дополнительных данных в процессе эксплуатации скважин, после чего возможны соответствующие усовершенствования в методике. 

## Литература

1. Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 322).
2. Васильев А.Н., Шишляев В.В., Кирильченко А.В. Внедрение ударно-вращательного способа бурения и эффективных методов геолого-промысловых исследований при разведке метаноугольных месторождений //Разведка и охрана недр. 2014. Выпуск № 7. С. 45–49.