

На правах рукописи



ВАСИЛЬЕВ Александр Николаевич

**Проектирование наклонно направленных скважин
для разведки метана в угольных пластах**

Специальность: 25.00.14 – Технология и техника геологоразведочных работ

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва 2013

Работа выполнена на кафедре современных технологий бурения скважин имени проф. Б.И. Воздвиженского в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ).

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Башкатов Дмитрий Николаевич

Официальные оппоненты: Повалихин Александр Степанович,
доктор технических наук,
ООО «Интеллект Дрилинг Сервисиз»,
директор департамента
нефтегазопромышленного инжиниринга

Петров Игорь Петрович,
кандидат технических наук,
ОАО «Росгеология», заместитель
директора филиала

Ведущая организация: ФГУГП «Гидроспецгеология»

Защита состоится «24» апреля 2013 г. в 13-00 в ауд. 4-73 на заседании диссертационного совета Д 212.121.05 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ).

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, МГРИ-РГГРУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГРИ-РГГРУ.

Автореферат разослан «19» марта 2013 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета, канд. техн. наук



Назаров А.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Актуальность работы обусловлена огромными ресурсами метана угольных пластов в России, составляющими 83,7 трлн. м³, по оценке ОАО «Газпром промгаз».

Большое значение развитию разведки и освоения метана угольных пластов (МУП) придает заинтересованность Правительства РФ:

Поручение Президента РФ В.В. Путина от 26.09.2007 № Пр.1738 о разработке предложений по формированию благоприятного инвестиционного климата для ускоренной реализации инновационного проекта «Метан из угольных пластов»;

Протокол № 03-134 совещания ОАО «Газпром» и Администрации Кемеровской области по вопросу реализации проекта добычи метана из угольных пластов на первоочередных площадях в Кузбассе, г. Кемерово. Утвержден 28.12.2007 г. Заместителем Председателя Правления ОАО «Газпром» А.Г. Ананенковым и Губернатором Кемеровской области А.Г. Тулеевым.

Актуальность исследования вызвана необходимостью достижения высокой информативности при бурении угольных пластов разведочными скважинами с наклонно направленным профилем с субгоризонтальным окончанием и обусловлена следующими факторами:

- в скважине с субгоризонтальным окончанием ствола отбор кернового материала из угольных пластов, залегающих выше целевого угольного пласта, а при проходке целевого угольного пласта качественный отбор кернового материала на всем протяжении ствола скважины до 500-700 м;
- в субгоризонтальном участке ствола скважины наиболее достоверные результаты гидродинамических исследований по проницаемости угольного пласта;
- при переводе разведочной скважины в эксплуатационный фонд более высокие показатели дебита газа по сравнению с вертикальной скважиной.

Диссертационная работа посвящена технологии бурения скважин на метан угольных пластов и в большей степени соответствует технологии бурения разведочных скважин на угольных бассейнах, чем бурению традиционных

газовых скважин. Также скважины, пробуренные для разведки и добычи метана угольных пластов можно отнести к геотехнологическим скважинам, наряду со скважинами для подземной газификации углей, скважинами подземного выщелачивания металлов, геотермальными скважинами и др.

Освоение ресурсов метана угольных пластов как самостоятельного полезного ископаемого способствует снижению метанообильности угольного пласта для дальнейшей разработки угля шахтным способом. Стоит отметить, что комплексное использование недр является перспективным направлением в развитии ТЭК России.

Целью работы является повышение эффективности добычи МУП за счет оптимизации проектирования скважин для разведки метаноугольных месторождений, учитывающего особенности залегания угольных пластов, их опробования и дальнейшей эксплуатации месторождения.

Идея работы заключается в разработке математического алгоритма, позволяющего определить оптимальный профиль ствола наклонно направленной скважины с субгоризонтальным окончанием в угольном пласте и технологию бурения для его реализации при минимальных затратах.

Основные задачи исследований

Для достижения поставленной цели в процессе научных исследований необходимо было решить следующие задачи:

- провести анализ объемов добычи метана угольных пластов и их ресурсов в странах, занимающихся разработкой метаноугольных месторождений, исследовать ключевые технологии извлечения МУП;
- произвести выбор, дать характеристику ключевых геологических и производственно-экономических критериев, учитываемых при оценке перспективности участка размещения разведочных скважин;
- разработать согласованную систему перевода размерных критериев в безразмерные, установить весовые коэффициенты критериев методом экспертных

оценок и присвоить значения математической модели оценки перспективности участка размещения разведочных скважин;

- выбрать профили наклонно направленных скважин с субгоризонтальным окончанием для угольных пластов с глубиной залегания по вертикали до 1800 м, разбить профили на участки;

- для каждого участка профиля ствола скважины подобрать приемлемую технологию бурения и выявить ограничения по ее применению для каждого участка профиля;

- разработать математический алгоритм расчета экономически оптимального профиля ствола скважины.

Методика исследований включает в себя анализ и обобщение литературных источников, проведение теоретических исследований в области выбора перспективных участков для размещения разведочных скважин, проектирования профилей стволов скважин и способов бурения. Обработка результатов исследований проводилась с использованием ПЭВМ. Статистическая обработка и расчеты проводились с применением пакета Microsoft Excel.

Научная новизна диссертационной работы

- Выявлена зависимость перспективности участка размещения разведочных скважин от геологических и производственно-экономических факторов оценки участка с определением эффективных границ их размещения на основе разработанной математической модели.

- Выявлена зависимость параметров профиля скважины от горно-геологических условий залегания угольных пластов, технологии бурения и подземной компоновки оборудования скважин, что позволило рекомендовать четыре базовых профиля скважин для разведки метана угольных пластов.

- Получены зависимости приведенных капитальных и текущих денежных затрат при реализации каждого базового профиля разведочной скважины от комбинации способа бурения.

- Исследованы ограничения применения технологий бурения при проходке интервалов базовых профилей разведочных скважин.

Апробация работы и публикации

Основные положения диссертационной работы обсуждались на межвузовских научных конференциях «Молодые – наукам о Земле» (г. Москва, РГГРУ имени Серго Орджоникидзе, 2008-2012 г.), международных семинарах «Добыча метана из угольных отложений. Проблемы и перспективы» (г. Москва, РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2010-2012 г.).

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Работа представлена на 112 страницах, содержит 39 иллюстраций, 14 таблиц и 75 использованных источников.

Во введении обоснованы актуальность работы, цели, задачи и защищаемые положения диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В первой главе проведен анализ современного состояния проблемы разведки и добычи метана угольных пластов как самостоятельного полезного ископаемого. Выявлено применение основных схем вскрытия угольных пластов (вертикальный, тангенциальный, многозабойный профиль стволов скважин), рациональная область использования которых определяется горно-геологическими условиями залегания и технологическими особенностями применяемого оборудования.

Во второй главе рассмотрены мировые ресурсы МУП, а также ресурсы МУП РФ, и их распределение по угольным бассейнам. Выявлены наиболее перспективные угольные бассейны и месторождения в них, с целью разведки МУП как самостоятельного полезного ископаемого.

Третья глава диссертационной работы посвящена разработке математической модели оценки перспективности участков для размещения на них разведочных скважин с определением основных факторов, влияющих на перспективность участка.

В четвертой главе рассматриваются базовые профили скважин, применимые при бурении разведочных наклонно направленных скважин. Проведено условное деление базовых профилей на интервалы. Рассмотрены технологии бурения

применимые для реализации базовых профилей и каждому из выделенных интервалов базового профиля присвоены способы бурения, которыми он может быть реализован.

В заключении диссертационной работы приведены основные выводы и рекомендации.

Автор выражает особую благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Д.Н. Башкатову за неоценимый вклад в направлении и руководстве при написании работы. Также автор благодарит заведующего кафедрой д.т.н., профессора Н.В. Соловьева, к.т.н., доцента А.П. Назарова и весь профессорско-преподавательский состав кафедры «Современные технологии бурения скважин» за предоставленную возможность обучения и подготовке диссертации на соискание степени кандидата технических наук.

За помощь в написании работы автор благодарит канд. геол.-мин. наук В.Т. Хрюкина, Е.В. Швачко, В.В. Шишляева, А.В. Кирильченко, А.В. Кошельца, С.А. Васильеву, К.С. Филиппова.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Первое защищаемое научное положение

Выбор участков расположения разведочных скважин необходимо проводить на основе предложенной математической модели оценки их перспективности, выполненной с использованием геологических и производственно-экономических факторов оценки разведываемого участка.

Методы оценки количества газа в пласте и способность пласта к газоотдаче должны определяться на основании различных исследований (исследование кернового материала, геофизических исследований в скважине, гидродинамических исследований).

Для решения задачи по выбору участков, на которых необходимо размещение скважин для разведки метана в угольных пластах необходимо разработать математическую модель по выбору участков «W» с учетом заданных критериев.

Решение данного вопроса должно отвечать следующим требованиям:

- обеспечение максимально возможных дебитов газа;
- минимизация капитальных вложений на разведочное бурение скважин и обустройство участка работ.

Решение задачи требует учета многочисленных факторов, которые следует развести на две основные группы:

- факторы, определяющие производительность скважины по газу;
- факторы, определяющие трудоемкость и стоимость разведочного бурения.

К первой группе факторов относятся:

- 1 Метаноносность угольного пласта, $\text{м}^3/\text{т}$ (B_1);
- 2 Масштаб ресурсов, млрд. м^3 (B_2);
- 3 Концентрация ресурсов, $\text{млн.м}^3/\text{км}^2$ (B_3);
- 4 Индивидуальные мощности угольных пластов, м (B_4);
- 5 Степень метоморфизма углей, R_o (%) (B_5);
- 6 Геодинамическое состояние угольных пластов, $(\sigma_{сж}; \sigma_{н}; \sigma_{р};)$ (B_6).

Ко второй группе отнесены следующие факторы:

- 7 Расстояние от участка до потребителя, км (B_7)
- 8 Глубина залегания нижнего продуктивного угольного пласта, м (B_8);
- 9 Превышение рельефа, м (B_9);
- 10 Протяженность дорог, км (B_{10}).

Решение задачи требует перевода факторов с размерными единицами B_i в безразмерные величины K_i .

Метаноносность размерного параметра B_1 рассматривается в пределах от 8 до 35 $\text{м}^3/\text{т}$. Принят линейный рост K_1 от B_1 .

Аналогичным образом устанавливается шкала для факторов B_3 - концентрация ресурсов, расстояние от промысла до потребителя – B_7 , глубины залегания нижнего продуктивного угольного пласта - B_8 , превышение рельефа - B_9 , протяженность дорог – B_{10} .

Влияние масштаба ресурсов B_2 на значение коэффициента K_2 представлено кривой второго порядка. Значение $B_2=25-600$ млрд. м^3 ; наиболее интенсивно значения K_2 растут для условий 25-200 млрд. м^3 .

Степень метаморфизма углей оценивается по отражательной способности витринита R_o (%) – фактор V_5 . Перспективными являются угли марки Г (газовые), Ж (жирные), К (коксовые), ОС (отощённо-спекающиеся), и Т (тощие) с показателем отражательной способности витринита в иммерсии от 0,7 % до 2,0 %. Наиболее перспективны угли групп метаморфизма Г, Ж, ЖК (жирные коксовые) с показателем отражательной способности витринита от 0,75 до 1,40%. Для разрабатываемой модели было принято:

$$K_5=0 \text{ при } V_5 < 0,7 \text{ и } V_5 > 2,0;$$

$$K_5=0,5 \text{ при } 0,7 \leq V_5 \leq 1,2 \text{ и } 1,4 \leq V_5 \leq 2,0;$$

$$K_5=1,0 \text{ при } 1,2 < V_5 < 1,4.$$

Геодинамическое состояние массива горных пород (фактор V_6) оценивается по напряжениям сжатия $[\sigma_{сж}]$ и растяжения $[\sigma_{раст}]$. Для оценки используемого фактора принимается:

$$K_6=0,3 \text{ при } [\sigma_{сж}] > [\sigma_{раст}] \text{ и } [\sigma_{сж}] < [\sigma_{раст}];$$

$$K_6=1,0 \text{ при } [\sigma_{сж}] \approx [\sigma_{раст}].$$

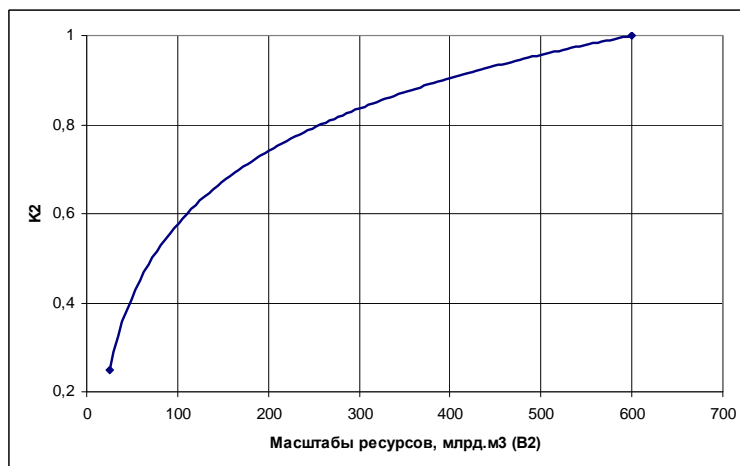
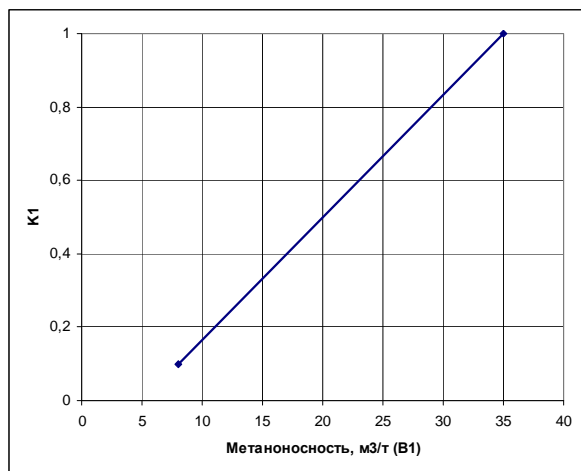


Рисунок 1 – Метаноносность. График перевода размерного критерия B_1 в безразмерный K_1

Рисунок 2 – Масштабность ресурсов. График перевода размерного критерия B_2 в безразмерный K_2

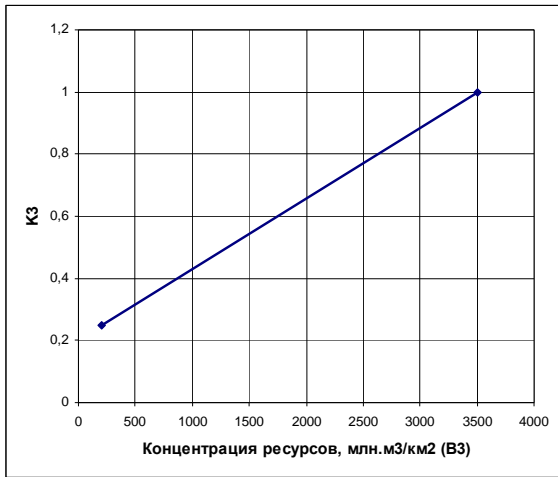


Рисунок 3 – Концентрация ресурсов. График перевода размерного критерия V_3 в безразмерный K_3

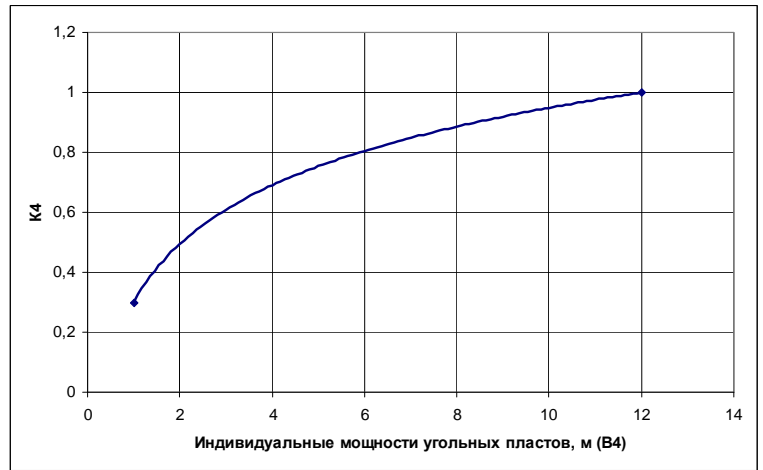


Рисунок 4 – Индивидуальные мощности угольных пластов. График перевода размерного критерия V_4 в безразмерный K_4

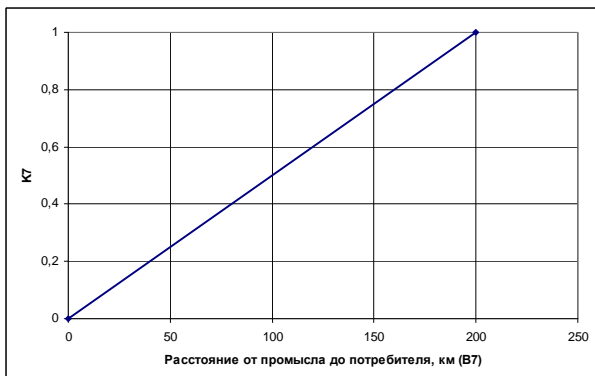


Рисунок 5 – Расстояние от участка до потребителя. График перевода размерного критерия V_7 в безразмерный K_7



Рисунок 6 – Глубина залегания нижнего продуктивного пласта. График перевода размерного критерия V_8 в безразмерный K_8

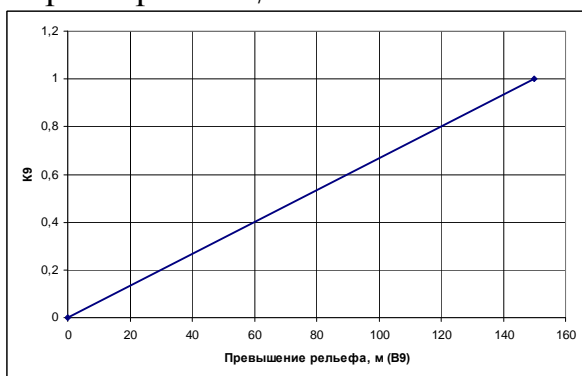


Рисунок 6 – Превышение рельефа. График перевода размерного критерия V_9 в безразмерный K_9

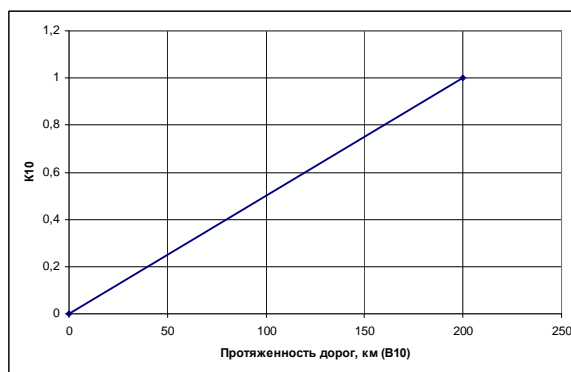


Рисунок 7 – Протяженность дорог. График перевода размерного критерия V_{10} в безразмерный K_{10}

По условию задачи:

$$W = \sum_{i=1}^{i=10} K_i \Rightarrow \max \quad (1)$$

где:

W-показатель эффективности участка размещения разведочных скважин;

K_i -безразмерный коэффициент параметра V_i .

Следует отметить, что факторы 1-6 способствуют росту показателя W, а факторы 7-10 его уменьшают.

Однако вклад различных факторов в показатель «W» различен, поэтому каждому фактору следует присвоить весовые коэффициенты c_i , при этом $\sum_{i=1}^{i=10} C = 1$; при $c_i > 0$. Весовые коэффициенты назначаются в соответствии с экспертной оценкой. В этом случае W принимает вид

$$W = \sum_{i=1}^{i=6} K_{1-6} * c_{1-6} - \sum_{i=7}^{i=10} K_{7-10} * c_{7-10} \Rightarrow \max \quad (2)$$

где c_i - весовой коэффициент K_i .

Значения весовых коэффициентов факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения весовых коэффициентов геологических и производственно-экономических факторов

Безразмерный коэффициент K	Весовой коэффициент c
K_1	$c_1=0,1$
K_2	$c_2=0,05$
K_3	$c_3=0,15$
K_4	$c_4=0,035$
K_5	$c_5=0,04$
K_6	$c_6=0,05$
K_7	$c_7=0,2$
K_8	$c_8=0,075$
K_9	$c_9=0,15$
K_{10}	$c_{10}=0,15$

Второе защищаемое научное положение

При проектировании разведочных наклонно направленных скважин с субгоризонтальным окончанием в угольном пласте, целесообразно из всех известных профилей применять четыре базовых профиля скважин.

Для разведки и добычи МУП используется множество технологий: бурение вертикальных скважин по равномерной сетке, бурение наклонно направленных скважин с кустовых площадок, бурение субгоризонтальных скважин по угольному пласту с различными методами интенсификации (гидравлический разрыв пласта, кавернообразование, закачка CO₂ или N₂ и др.).

Вскрытие угольного пласта скважиной с субгоризонтальным окончанием позволит повысить качество исследований угольного пласта, а также увеличить добычные показатели скважины за счет: возможности многократного отбора керна и проведения гидродинамических исследований в пласте, значительного увеличения зоны дренажа (в сравнении с вертикальной скважиной), отсутствия кольматации при цементировании.

При проектировании разведочных скважин с субгоризонтальным окончанием для разработки профилей наклонно направленных скважин целесообразно из всех известных профилей, описанных в работах А.Г. Калинина, А.С. Повалихина и др. и представленных на рисунке 8, применять четыре базовых профиля скважин (рисунок 9).

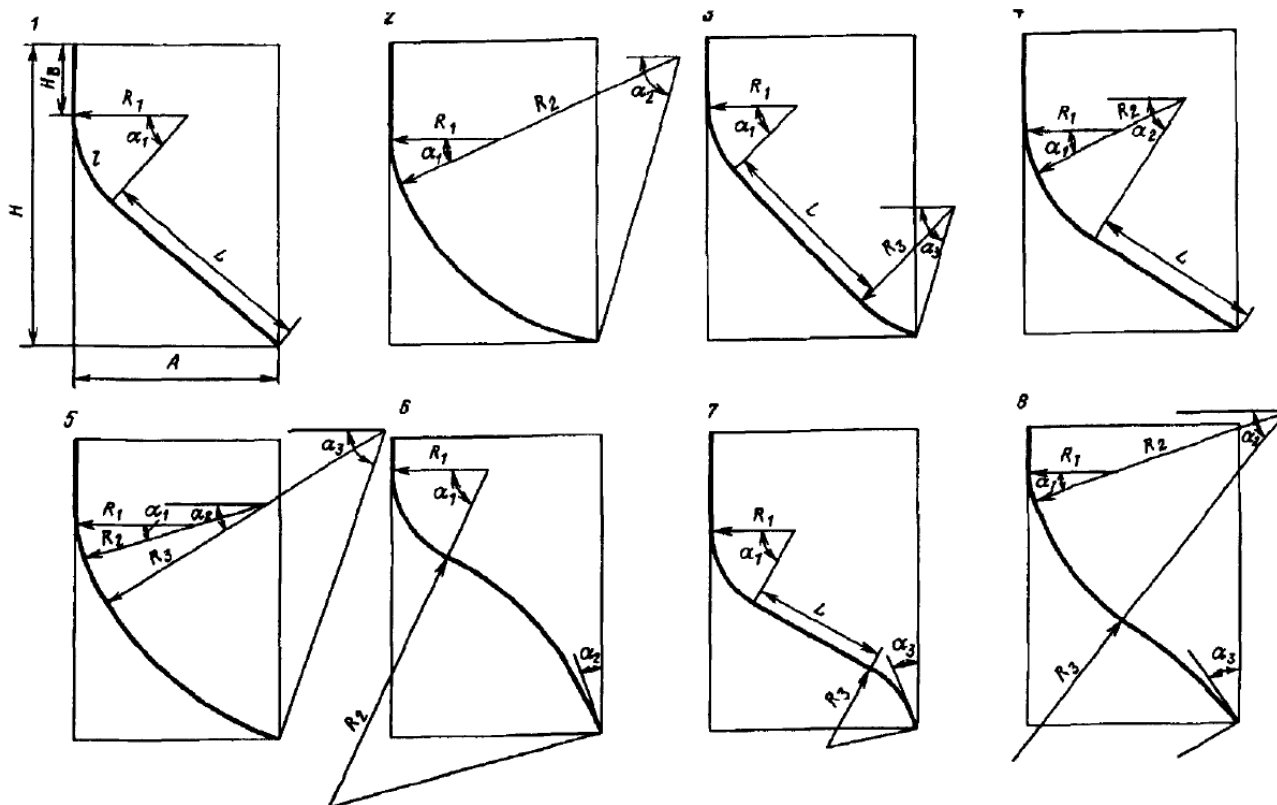


Рисунок 8 – Известные профили скважин

Все профили условно можно разбить на следующие три вида:

- тангенциальные профили;
- S-образные профили;
- J-образные профили.

Из представленных профилей скважин (рисунок 8) выделены те, которые в наибольшей мере подходят при разведке и освоении МУП в специфических горно-геологических условиях месторождений Кузбасса, а именно:

- глубины залегания 300-1800 м;
- перемежающиеся по твердости породы;
- пологое и крутое залегание угольных пластов ($0-45^\circ$);
- различные мощности продуктивных пластов (1-12 м).

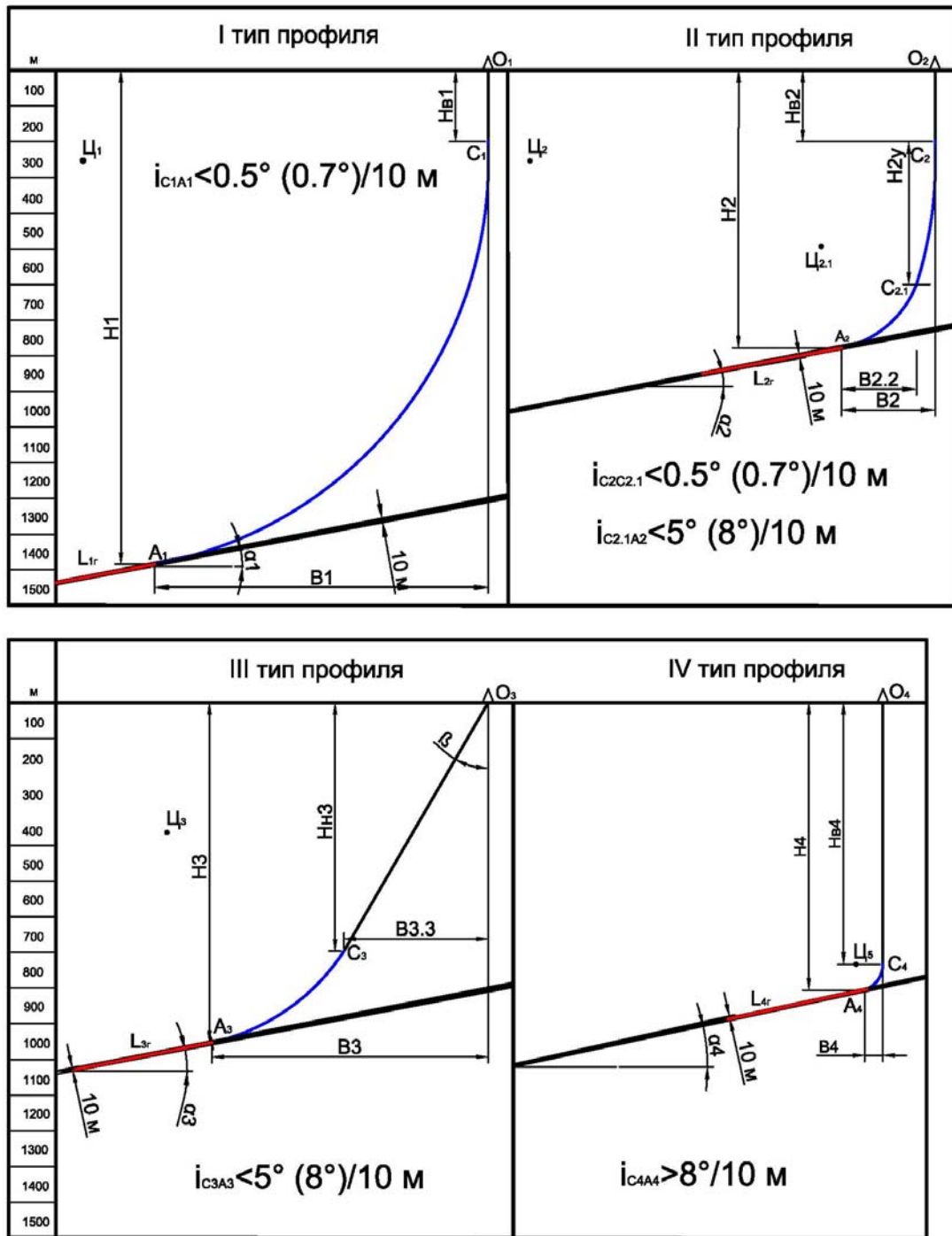


Рисунок 9 – Базовые профили стволов скважин с субгоризонтальным окончанием

Выделены четыре базовых профиля наклонно направленных скважин с субгоризонтальным окончанием для разведки МУП. Предложенные профили имеют вертикальный (для III типа профиля наклонный прямолинейный) участок, участок набора угла (характеризующийся интенсивностью искривления °/м) и субгоризонтальный (горизонтальный) участок.

I тип профиля описывается минимальным вертикальным участком O_1C_1 . Участок набора угла C_1A_1 характеризуется интенсивностью искривления не более $0,5^\circ(0,7^\circ)/10$ м. $L_{Г1}$ – субгоризонтальный участок ствола скважины.

К преимуществам данного профиля можно отнести: относительную простоту его реализации, возможность применения профиля при сложной ландшафтной ситуации и значительном горизонтальном отходе от вертикали (расстояние $B1$), возможность спуска подземного оборудования широкого ряда.

К недостаткам указанного типа профиля следует относить невозможность применения при неглубоком залегании угольного пласта (указанная интенсивность не позволяет набрать достаточный угол при входе в пласт).

II тип профиля описывается минимальным вертикальным участком O_2C_2 , двумя участками набора угла: участок $C_2C_{2.1}$, характеризующийся интенсивностью до $0,5^\circ(0,7^\circ)/10$ м, и участок $C_{2.1}A_2$, характеризующийся интенсивностью менее $5^\circ(8^\circ)/10$ м (при необходимости участок $C_2C_{2.1}$ может быть объединен в участок C_2A_2 с интенсивностью менее $5^\circ(8^\circ)/10$ м). $L_{Г2}$ – субгоризонтальный участок ствола скважины.

К преимуществам данного профиля можно отнести возможность применения профиля при различном залегании угольных пластов.

К недостаткам указанного типа профиля можно отнести ограничение применяемого подземного оборудования в процессе испытания и эксплуатации скважины.

III тип профиля описывается прямолинейным участком с начальным зенитным углом O_3C_3 . Участок набора угла C_3A_3 характеризуется интенсивностью искривления не более $5^\circ(8^\circ)/10$ м, а при $\beta > 25-30$ интенсивность набора угла может быть значительно уменьшена. $L_{Г3}$ – субгоризонтальный участок ствола скважины.

К преимуществам данного профиля относятся: возможность применения профиля в сложной ландшафтной ситуации и значительном расстоянии $B1$, возможность спуска подземного оборудования широкого типоразмерного ряда.

К недостаткам указанного типа профиля можно отнести сложность реализации (бурение с начальным зенитным углом) профиля, а также трудности,

связанные с последующей эксплуатацией скважины (установка специального устьевого оборудования под углом, использование установок капитального ремонта скважин с наклонной мачтой).

IV тип профиля описывается максимальным вертикальным участком O_4C_4 . Участок набора угла C_4A_4 характеризуется минимальной длиной и интенсивностью искривления более $8^\circ/10$ м. L_{T1} – субгоризонтальный участок ствола скважины.

К преимуществам данного профиля можно отнести максимально короткую длину скважины при равных L_T (при сравнении с базовыми профилями), а также возможность применения профиля при малом расстоянии B_4 (горизонтальная проекция O_4A_4) в сложной ландшафтной ситуации.

К недостаткам указанного типа профиля относятся сложность реализации участков C_4A_4 и L_{T4} , ограничение применяемого подземного оборудования в процессе испытания и эксплуатации скважины.

Третье защищаемое научное положение

Для реализации базовых профилей скважин обоснованы основные способы бурения: вращательное с приводом от вращателя бурового станка, вращательное с использованием забойных двигателей и ударно-вращательное бурение с использованием пневмоударников. Предложены варианты комбинированного бурения участков профиля с учетом выявленных ограничений.

В работе выделены все широко применяющиеся способы бурения, дано краткое описание каждого из них, при этом выявлены три наиболее приемлемых (оптимальных) для заданных условий технологии бурения – роторное бурение, бурение с винтовым забойным двигателем (ВЗД) и ударно-вращательное бурение. В работе представлены: буровое оборудование и инструмент для реализации выбранных типов базовых профилей, технология и компоновки для направленного искривления скважин, ключевые расчеты режимов бурения скважин по трем способам бурения.

Каждому участку (интервалу) профиля присвоена технология бурения, позволяющая пробурить его.

Таблица 2

Соответствие технологии бурения скважин участку профиля

Технология бурения	Тип профиля											
	I			II				III			IV	
	участки I профиля			участки II профиля				участки III профиля			участки IV профиля	
	O ₁ C ₁	C ₁ A ₁	L _{r1}	O ₂ C ₂	C ₂ C _{2.1}	2.1A ₂	L _{r2}	O ₃ C ₃	C ₃ A ₃	L _{r3}	O ₄ C ₄	C ₄ A ₄
Вращательный (роторный), Р Вращательное с ВЗД, В Ударно-поворотное (пневмоударное), У	Р, В, У			Р, В, У				В, У			Р, В, У	
	Р, В			Р, В				В			В	
	Р, В			Р, В				В			В	
	Р, В, У			Р, В, У				В, У			Р, В, У	
	Р, В			Р, В				В			В	
	Р, В			Р, В				В, У			Р, В, У	
	Р, В			Р, В				В			В	
	Р, В, У			Р, В, У				В, У			Р, В, У	
	Р, В			Р, В				В			В	
	Р, В			Р, В				В, У			Р, В, У	
	Р, В			Р, В				В			В	
	Р, В			Р, В				В, У			Р, В, У	

Примечание – При длине L_{гi} более 300 м роторный способ бурения исключается.

Выявлены ограничения по применению технологий бурения на участках четырех базовых профилей.

Ограничения по применению роторного способа бурения:

- интенсивность искривления ствола скважины при наборе зенитного угла ограничена $0,5^\circ(0,7^\circ)/10$ м;
- длина горизонтального и субгоризонтального участков ограничены 300 м.

Ограничения по применению ударно-вращательного способа бурения:

- зенитный угол ствола скважины должен быть не более $40-45^\circ$ (в монолитных горных породах с коэффициентом по буримости от 9 до 12 зенитный угол может быть увеличен до $50-60^\circ$);
- при наборе зенитного угла ударно-вращательный способ бурения не применим.

Ограничения по применению бурения с ВЗД при реализации четырех базовых профилей отсутствуют.

Четвертое защищаемое научное положение

При выборе технологии бурения необходимо использовать, разработанный математический алгоритм, позволяющий осуществлять оценку эффективности применения технологий бурения (их комбинации) разведочных скважин, при реализации каждого из базовых профилей по параметру приведенных капитальных и текущих денежных затрат.

В качестве критерия оценки оптимального профиля предлагается использовать показатель приведенных денежных затрат

$$C_{np} = C_k * N_A + C_T(t) \quad (3)$$

где C_{np} - приведенные денежные затраты, руб;

C_k – капитальные затраты, руб;

N_A – норма амортизационных отчислений за период эксплуатации оборудования, %;

C_T – текущие затраты за время t , руб;

t – время, затраченное на текущие работы, сут.

Бурение отдельных участков может выполняться буровыми установками с различной технологией бурения: роторный (Р), бурение с ВЗД (В), ударно-вращательное бурение (У).

Это обстоятельство предопределяет различную стоимость и производительность выполняемых работ.

Сумма приведенных затрат вычисляется с учетом времени использования данной технологии и оборудования.

Сумма капитальных затрат ΣC_k рассчитывается в этом случае для каждого участка с учетом времени использования данного оборудования.

Суточная норма амортизационных отчислений по оборудованию принимается обычно для нормативного периода его использования, которое регламентируется заводом–изготовителем. Для расчетов нормативный период использования оборудования принят равным 60 месяцам (1800 сут.). Фактические

значения N_A будут зависеть от общего времени бурения по j -ой технологии. Тогда N_A будет равна:

$$N_A = \frac{T_j}{1800} \quad (4)$$

$$T_j = \frac{L_i}{V_p} \quad (5)$$

где T_j – время бурения по j -ой технологии, сут;

L_i – интервал бурения на участке i , м;

V_p – средняя производительность бурения на интервале i , м/сут

$$C_{np} = \sum_{i=1}^n (C_k^j * N_A^j + C_T^j(T_j)) \Rightarrow \min \quad (6)$$

где C_k^j - капитальные затрат при j -ой технологии на i -х участках;

N_A^j - норма амортизационных отчислений за период эксплуатации оборудования, для j -ой технологии, %;

C_T^j - текущие затраты j -ой технологии на i -х участках.

Расчеты по формуле 6 необходимо проводить для всех возможных комбинаций реализации профиля. Расчеты выполняются с использованием ЭВМ по методу численного эксперимента. Вариант, оказавшийся наименее затратным, принимается как конечный.

Формула 6 позволяет оценить объем приведенных затрат с учетом производительности выполняемых работ, поскольку в расчетную формулу входит параметр затраченного времени.

Выбор участков расположения разведочных скважин на основе предложенной математической модели и проектирование профиля наклонно направленной разведочной скважины с горизонтальным окончанием с учетом предложенного математического алгоритма позволит улучшить технико-экономические показатели разведки метана в угольных пластах и сократить затраты в 1,3 – 1,5 раз.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Проведен анализ объемов добычи метана угольных пластов и их ресурсов в странах, занимающихся разработкой метаноугольных месторождений, исследованы ключевые технологии разведки и добычи МУП.

2. Проведен выбор и дана характеристика ключевых геологических и производственно-экономических критериев, используемых в оценке перспективности участков размещения разведочных скважин на площади.

3. Разработана согласованная система перевода размерных критериев в безразмерные. Методом экспертных оценок установлены весовые коэффициенты критериев, и с использованием статистических методов обработки эти значения присвоены математической модели оценки перспективности участков.

4. Выбор участков расположения разведочных скважин проводить на основе предложенной математической модели оценки их перспективности, выполненной с использованием геологических и производственно-экономических факторов оценки разведываемого участка.

5. На основе результатов представленной работы в части оценки перспективности участка месторождения можно сделать вывод о возможности расширения модели и применения ее для оценки перспективности площадей или их частей.

6. Бурение скважин с окончанием в угольном пласте позволит увеличить дебит газа, что в свою очередь будет способствовать повышению рентабельности добычи МУП.

7. При проектировании разведочных наклонно направленных скважин с субгоризонтальным окончанием в угольном пласте, целесообразно из всех известных профилей применять четыре базовых профиля скважин.

8. Для реализации базовых профилей скважин обоснованы три основные технологии бурения: роторное бурение (с использованием роторных управляемых систем), бурение с ВЗД и ударно-вращательное (пневмоударное) бурение. Предложены варианты комбинированного бурения участков профиля с учетом выявленных ограничений.

9. Для оптимизации процесса проектирования разведочных наклонно направленных скважин с субгоризонтальным окончанием в угольном пласте необходимо просчитывать вариантность реализации, направленную на получение минимальных затрат при достижении поставленной цели.

10. При выборе технологии бурения необходимо использовать разработанный математический алгоритм, позволяющий осуществлять оценку эффективности применения технологий бурения (их комбинации) разведочных скважин, при реализации каждого из базовых профилей по параметру приведенных капитальных и текущих денежных затрат.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ СОДЕРЖАТСЯ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

Научные статьи, доклады и тезисы докладов:

1. Хрюкин В.Т., Швачко Е.В. Васильев А.Н. и др. Типизация метаноугольных месторождений Кузбасса по перспективам добычи метана с применением различных технологий интенсификации газоотдачи угольных пластов. Записки Горного института. Том 188, 2010.

2. Васильев А.Н. Разработка профилей наклонно направленных стволов скважин и способов их бурения для разведки метана в угольных пластах как самостоятельного полезного ископаемого. Горный информационно-аналитический бюллетень. Специальный выпуск № 08 (август) 2012.

3. Хрюкин В.Т., Швачко Е.В. Васильев А.Н. и др. Типизация метаноугольных месторождений (на примере Кузбасса) с оценкой возможности применения различных технологий интенсификации газоотдачи угольных пластов. «Наука и техника в газовой промышленности». Выпуск № 3 (39) 2009.

4. Васильев А.Н., Шишляев В.В., Голубцов Р.В. Организационные мероприятия по оптимизации процесса строительства скважин для добычи метана из угольных пластов. «Газовая промышленность». Выпуск №672, 2012.

5. Башкатов Д.Н., Васильев А.Н., Хрюкин В.Т., Шишляев В.В. Добыча метана угольных пластов – шаг к комплексной разработке угольных месторождений. «Рациональное освоение недр». Выпуск № 6, 2012.

6. Васильев А.Н. Базовые конструкции скважин для добычи метана из угольных пластов перспективных площадей Кузбасса. // Научно-практическая конференция «Геоэкологические и инженерно-геологические проблемы развития

гражданского и промышленного комплексов города Москвы». Материалы конференции. – М.: РГГРУ, 2008.

7. Васильев А.Н. Базовые конструкции разведочно-эксплуатационных скважин. // Межвузовская научная конференция «Молодые наукам о земле». Материалы конференции. – М.: РГГРУ, 2009.

8. Васильев А.Н. Перспективы, задачи и достижения добычи метана из угольных пластов в России // Межвузовская научная конференция «Молодые наукам о земле». Материалы конференции. – М.: РГГРУ, 2010.

9. Васильев А.Н., Шишляев В.В., Голубцов Р.В. Особенности проектирования и строительства скважин для добычи метана из угольных пластов. Международный семинар «Добыча метана из угольных отложений. Проблемы и перспективы» Материалы конференции. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011.

10. Васильев А.Н. Конструкции скважин для добычи метана из угольных пластов на Талдинском метаноугольном месторождении и Нарыкско-Осташкинской площади Кузбасса. III семинар «Добыча метана из угольных отложений. Проблемы и перспективы» Материалы конференции. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012.