

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**Нормализация механической скорости бурения на примере
Черебаевского месторождения**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Чубич Любови Алексеевны

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

К.Б. Головин

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2021

Введение. Одним из главных параметров бурения скважины является механическая скорость проходки. Это показатель, который характеризует темп разрушения горной породы и выражается в метрах проходки за 1 час работы долота на забое. Скорость всего процесса бурения напрямую зависит от скорости проходки, поэтому заранее известные значения механической скорости позволяют рациональнее использовать выделенные ресурсы и точнее выделять литологические границы, а также предполагать аварийные ситуации, которые связаны с областью АВПД.

На параметр механической проходки, помимо технологических факторов, существенное влияние оказывает литология пород. На скорость проходки влияет не только тип горной породы, но и условия её залегания. Помимо всего прочего механическая скорость бурения зависит от твердости, упругости, пластичности и иных свойств горных пород.

Изменение режимных параметров бурения может быть уравновешено путем нормализации механической скорости с помощью безразмерного параметра d – экспоненты, который выведен из фундаментального уравнения бурения М.Г Бингхэма (1965). Нормализация заключается в получении математического выражения, которое не зависит от режима бурения.

Для написания выпускной квалификационной работы был использован материал со скважин, пробуренных на Черebaевском нефтегазоконденсатном месторождении (ЧНГКМ). Объект исследования скважина №1. Черebaевское месторождение в административном отношении находится в Саратовской области. Наиболее крупными близлежащими населенными пунктами являются сёла Черebaево, Береговое, Луговское и районный центр поселок Ровное, расположенный севернее от площади работ.

Основная цель данной работы: нормализация механической скорости в процессе бурения для скважин ЧНГКМ.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

– изучены литолого-петрофизические особенности пород, слагающие ЧНГКМ;

- осуществлен поиск закономерностей влияния литологии и различных параметров бурения на механическую скорость;
- выполнена нормализация механической скорости с использованием параметра d – экспонента.

Выпускная квалификационная работа состоит из трех разделов: геолого-геофизическая характеристика территории исследования, комплекс исследований и измерений ГТИ с использованием параметров бурения, результаты работ, введения, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Для исследования в работе был описан и использован метод нормализации механической скорости.

Основное содержание работы. ЧНГКМ относится к многопластовому месторождению и характеризуется наличием карбонатных резервуаров в девонско-каменноугольных отложениях. В строении карбонатных резервуаров принимают участие преимущественно известняки.

Исследуемая территория в тектоническом отношении расположена во внешней части бортовой зоны Прикаспийской впадины (ПВ), которая является перекратной частью древней Восточно-Европейской платформы.

В рифей-вендское время рассматриваемая территория входила в состав Пачелмско-Саратовского авлакогена. В этот период шло формирование приподнятой Средне-Русской плиты и глубокий размыв в её пределах пород Байкальско-Каледонского мегацикла. Наибольший интерес представляет верхне-палеозойский мегацикл, с которым связано образование рифовых трендов и внутрибассейновых построек, представляющих нефтепоисковый интерес.

Целевыми объектами разработки на ЧНГКМ являются нефтенасыщенные горизонты каменноугольной системы C1.

Коллекторами в девонской терригенной толще являются песчано-алевролитовые породы, переслаивающиеся с пропластками плотных, непроницаемых глинисто-аргиллитовых пород. Тип коллекторов

поровотрещиноватые и гранулярные. Коллекторами в бобриковском, тульском и алексинском горизонтах являются пористые, битуминозные песчаники и алевролиты. Залежи пластовые, сводовые.

Методика исследования. Станция ГТИ позволяет использовать для решения геологических задач изменения технологических параметров бурения, таких как механическая скорость бурения, параметры промывки, характеристики промывочной жидкости. Измерение механической скорости проходки является обязательным при проведении геолого-технологических исследований.

Механическая скорость бурения зависит как от свойств разбуриваемых пород, так и от ряда технологических факторов (режима бурения, применяемого бурового раствора, технического состояния ствола скважины и т.д.), т.е. является обобщенным параметром, характеризующим процесс разрушения горной породы. Из технологических факторов наибольшее влияние оказывают нагрузка на долото, частота вращения долота, расход бурового раствора, величина дифференциального давления в системе "скважина-пласт".

При постоянном режиме бурения механическая скорость будет определяться критическим напряжением горных пород, которое характеризует физико-механические свойства пород, в том числе плотность и пористость.

Таким образом, возможно использование механической скорости проходки для:

- литологического расчленения разреза;
- уточнения границ опорных (реперных) пластов;
- выделения коллекторов.

Исторически сложилось в ГТИ, что данные исследования назывались - детальный механический каротаж (ДМК) и для решения геологических задач использовалась не величина механической скорости проходки, а величина, обратная ей, которая физически является продолжительностью бурения

интервала проходки; эту величину и продолжают называть ДМК.

$ДМК = 1/Мех. \text{ скорость}$. Механическая скорость проходки рассчитывается в м/час, а ДМК принято измерять в мин/м, т. е. кривая ДМК более дифференцирована по глубине и времени, что и необходимо для получения геологической информации о вскрываемом разрезе.

Значение механической скорости для конкретных условий бурения, будет максимальным только в случае определенного сочетания частоты вращения, осевой нагрузки и расхода промывочной жидкости.

Механическая скорость бурения, зависит также от твердости, упругости, пластичности и иных свойств горных пород. Зависимость механической скорости от типа разбуриваемых пород представлена на рисунке 1. При поверхностном разрушении горных пород, увеличение механической скорости бурения происходит пропорционально увеличению частоты вращения долота. Частота вращения увеличивает эффективность разрушения породы, однако с ее увеличением уменьшается продолжительность контакта зубьев долота с породой. Основное влияние на рациональное сочетание параметров режима оказывают твердость (крепкость), трещиноватость, пористость и абразивность горных пород.

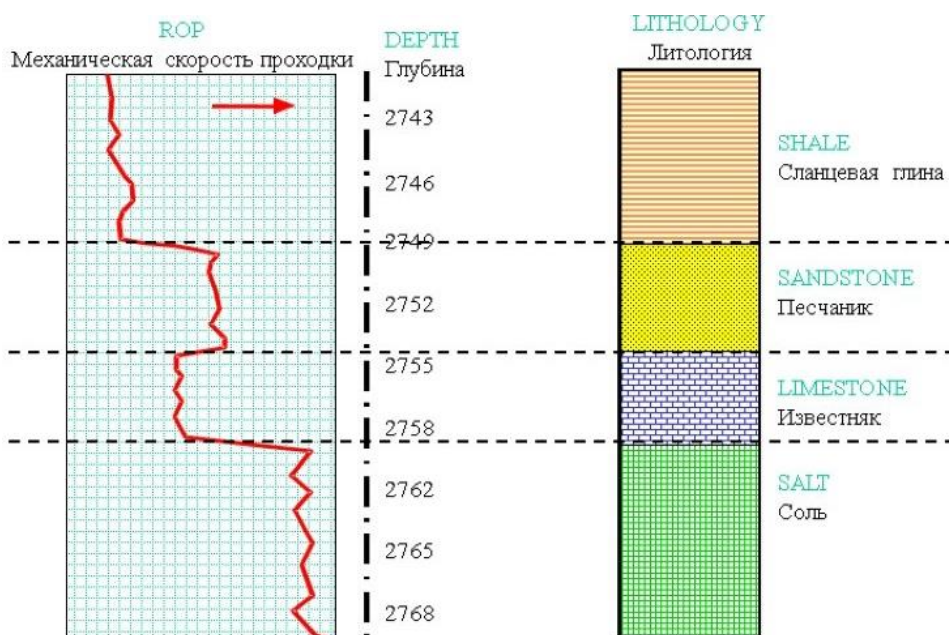


Рисунок 1 – Зависимость механической скорости от типа разбуриваемых пород

Метод d – экспоненты был разработан для учета изменений в более значимых переменных бурения для нормализации скорости проходки.

Влияние изменения параметров режима бурения можно исключить, используя нормализованную скорость бурения, представляющую собой безразмерное выражение (d – экспонента), полученное из уравнения механической скорости бурения. Обычно значения d -экспоненты изменяются от 0,5 до 3,5.

Пример нормализации механической скорости представлен на рисунке 2.

Преимущество этого метода заключается в том, что результаты могут быть получены в режиме реального времени, так как параметры бурения собираются с помощью датчиков.

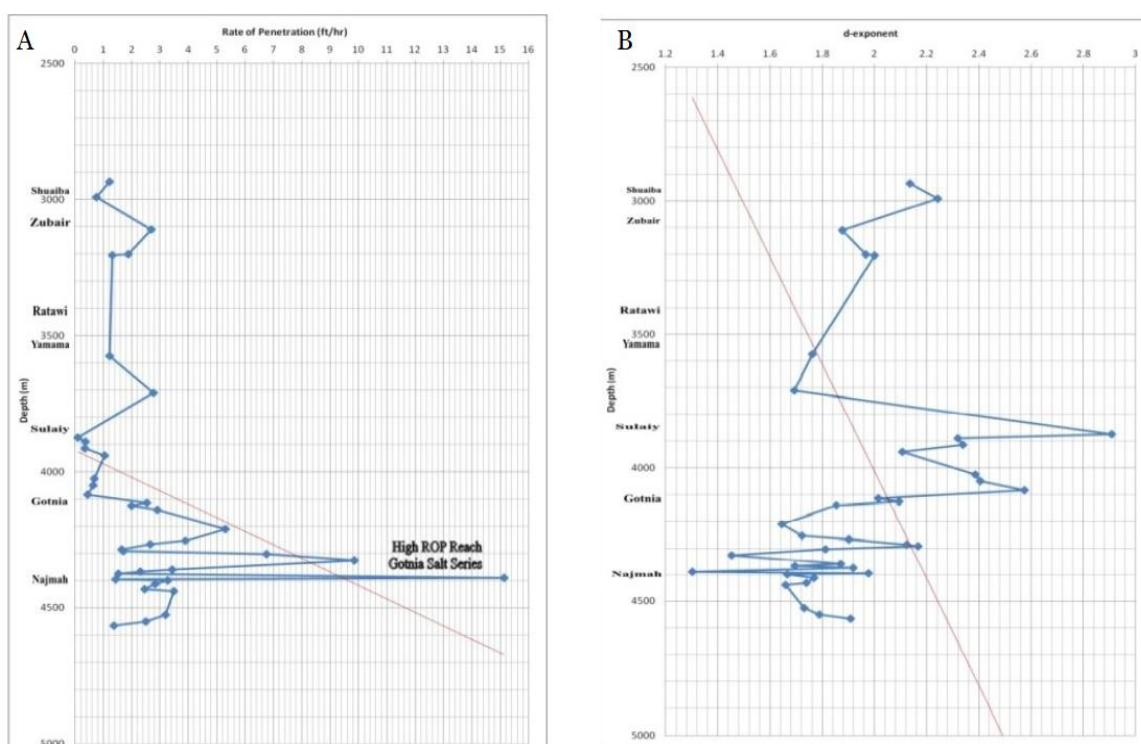


Рисунок 2 – Нормализация механической скорости с помощью параметра d – экспоненты. А – механическая скорость до нормализации; В – механическая скорость после нормализации

Преимущество этого метода заключается в том, что результаты могут быть получены в режиме реального времени, так как параметры бурения собираются с помощью датчиков.

Результаты работ. Для нормализации механической скорости проходки использовалась формула d – экспоненты:

$$d = \frac{\lg(\frac{v_m}{60n})}{\lg(\frac{P_{oc}}{\rho g D_d^2})}, \quad (1)$$

где: v – механическая скорость бурения, м/час; n – частота вращения долота, об/мин; P_{oc} – осевая нагрузка на долото, кН, ρ – плотность бурового раствора, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; D_d – диаметр долота, м.

Параметр d – экспоненты чаще всего используется для оценки порового давления при бурении.

Нормализация механической скорости была рассчитана на глубине 2900 – 3300 метров. Для расчетов с каждого метра проходки были взяты технологические параметры бурения: нагрузка на долото, обороты ротора и значение механической скорости. Также были необходимы такие параметры как: плотность бурового раствора – 1,19 кг/м³; ускорение свободного падения – 9.8 м/с²; диаметр долота – 0,2159 м.

Полученные данные были использованы для построения графика нормализованной скорости проходки d – экспонента. График представлен на рисунке 3.

Нормализованная скорость проходки позволяет выделить в режиме реального времени литологическую составляющую бурящейся скважины. Можно заметить, что на глубине с 2900 - 3070 метров среднее значение d – экспоненты 3,3, а на глубине 3070 – 3300 метров 2,3. График нормализованной скорости проходки позволяет четко выделить в разрезе две пачки, где среди глинистых пород на глубине 3245-3257 метров по максимальным отклонениям кривой вправо прослеживается порода коллектор - песчаник.

Большее значение d – экспоненты характеризует наличие более твердых, плотных пород: известняки, доломиты. Меньшее значение d – экспоненты может говорить о том, что в пласте присутствует глинистость и породы меньшей плотности, а значительные отклонения кривой экспоненты влево,

могут говорить о зоне АВПД. Прогнозные данные экспоненты о литологии пород подтверждены шламограммой.

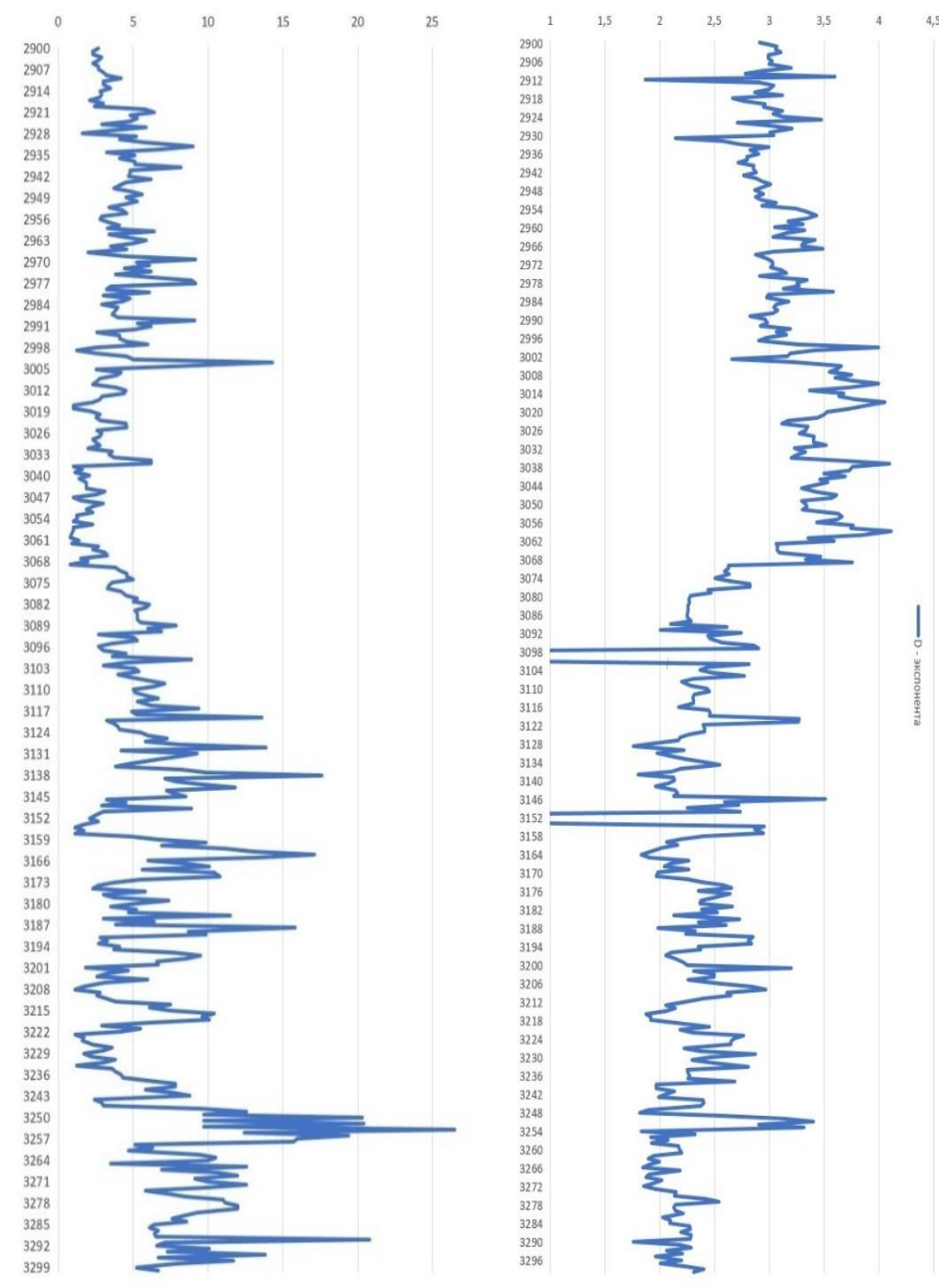


Рисунок 3 – График изменения механической скорости на глубине
Диапазон значений d – экспоненты на глубине 2900 – 3300 метров
приведены в таблице 1.

На основании прочностных характеристик, D – экспонента может
служить для оценки буримости пород и для деления разреза на пакки

равной буримости. Анализируя литологию, можно заранее предположить какая степень износа будет у долот и какую нагрузку нужно приложить для того, чтобы увеличить или уменьшить скорость проходки.

Таблица 1 – Диапазон значений d – экспоненты на глубине 2900 – 3300 метров

Литология	D – экспонента
Известняк	2,9-3
Известняк глинистый	2,2 – 2,5
Доломит	3,5-3,6
Аргиллит	2,2 – 2,5
Песчаник	2,5 – 2,6

Параметр d – экспоненты позволяет заранее прогнозировать возможные осложнения в процессе бурения, осуществлять безаварийную проводку скважины при минимальных затратах. Успешное решение этих задач возможно только при наличии наиболее полной и достоверной информации о геологическом разрезе и режимных параметров бурения.

Заключение. Механическая скорость бурения является одним из важнейших параметров бурения. Прогнозирование механической скорости позволяет узнать время необходимое на весь процесс бурения в целом, благодаря чему становится возможно рациональнее и экономнее использовать выделенные средства.

Объектом исследования было ЧНГКМ, расположенное в Саратовской области, данные со скважин которого, были использованы в процессе исследования.

В ходе написания выпускной квалификационной работы были изучены литолого-петрофизические особенности пород, слагающие ЧНГКМ, был

осуществлен поиск закономерностей влияния литологии, прочностных характеристик пород, а также различных параметров бурения на механическую скорость. Помимо всего, выполнена нормализация механической скорости с использованием параметра d – экспоненты.

Был построен и проанализирован график механической скорости до и после нормализации. График нормализованной скорости проходки позволяет четко проследить литологические границы, что способствует выделению в разрезе двух пачек, где среди глинистых пород на глубине 3245-3257 метров Бобриковского горизонта по максимальным отклонениям кривой вправо прослеживается порода коллектор – песчаник, перспективная в нефтеносном отношении.

Нормализация механической скорости с помощью d – экспоненты позволяет в режиме реального времени определить литологию пород, обозначить возможное появление зон АВПД, а также дает возможность заранее прогнозировать предполагаемые осложнения в процессе бурения.