

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

Кафедра геофизики

**Выделение продуктивных коллекторов в терригенных отложениях  
позднедевонского-раннекаменноугольного возраста в процессе бурения  
(на примере Квасниковского месторождения)**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 4 курса 403 группы  
направление 05.03.01 геология  
профиль «Нефтегазовая геофизика»  
геологического ф-та  
Щенникова Дмитрия Олеговича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Б.А. Головин

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2021

**Введение.** Геолого-технологические исследования, проводимые непосредственно в процессе бурения скважины, решают комплекс геологических и технологических задач, направленных на оперативное выделение в разрезе бурящейся скважины перспективных на нефть и газ пластов-коллекторов, изучение их фильтрационно-емкостных свойств и характера насыщения, обеспечение безаварийной проводки скважин и оптимизацию режима бурения.

Существенным резервом повышения эффективности поиска и разведки новых месторождений в сложных горно-геологических условиях является комплексирование промыслово-геофизических методов с геохимическими, петрофизическими исследованиями в процессе бурения. При этом особое значение приобретают методы, обеспечивающие оперативной информацией о исследуемом месторождении.

Квасниковская площадь несмотря на свою большую разбуренность и хорошую изученность до сих пор характеризуется, при вскрытии пород коллекторов, сложностями, связанными с осложнениями в процессе бурения. Поэтому для повышения эффективности и качества поисково-разведочных работ привлекаются оперативные методы геолого-технологических исследований.

В качестве объекта исследования была выбрана скважина № 1 Квасниковского месторождения, заложенная с целью поиска залежей нефти и газа в девонских отложениях. Проектная глубина скважины 1827 м, проектный горизонт – средний девон. Достигнутый забой – 1870 м.

В терригенных коллекторах Квасниковского месторождения определение характера насыщения на качественном и количественном уровне с большой долей уверенности проводится с помощью современных информационно-измерительных систем ГТИ. Методика интерпретации геолого-технологической и геофизической информации позволяет учитывать, с одной стороны, особенности изучаемого геологического объекта и, с другой – специфику измерения геофизических параметров.

Цель исследования состояла в выделении терригенных коллекторов скважины №1 Квасниковского месторождения и определении характера их насыщения по данным ГТИ.

Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи:

- 1 - изучить геолого-геофизическое строение разреза Квасниковского месторождения;
- 2 - изучить методику проведения ГТИ в процессе бурения при решении геологических задач;
- 3 - выполнить оперативное литолого-стратиграфическое расчленение разреза на основании интерпретации шлагограммы, кернового материала и детального механического каротажа (ДМК) с привлечением материалов ГИС;
- 4 - представить детальную литологическую характеристику пород вскрытого разреза скважины №1 Квасниковского месторождения;
- 5 - освоить методики интерпретации данных газового каротажа, позволяющие выделять пласты-коллекторы и определять характер их насыщения;
- 6 - дать оценку нефтегазонасыщенности разреза скважины №1.

**Основное содержание работы. Первый раздел «Геолого-геофизическая характеристика района работ».** Квасниковское месторождение располагается на юго-западной окраине Степновского сложного вала на территории Энгельского района Саратовской области. В 10 км к югу-востоку от автодороги Энгельс-Волжский (Е38), близ посёлков Кирово и Красноармейское.

Геологическое строение Степновского сложного вала изучено бурением, а также геофизическими методами относительно других геоструктур Саратовской области в целом хорошо. Наименее изучен додевонский период его развития. Особенности и закономерности развития Степновского сложного вала и его структур являются характерными и для Квасниковской структуры.

Квасниковская площадь была открыта в 1964 году с помощью бурения. Было пробурено около 39 скважин, как структурных, так и поисково-разведочных. Проводились геохимические и гравиметрические исследования. В конце 80-х годов двадцатого века на Квасниковской площади проводились сейсморазведочные работы.

Квасниковская структура, по данным сейсморазведочных работ, представляет собой антиклинальную ловушку.

В геологическом строении исследуемой площади принимают участие отложения девонской, каменноугольной, юрской, меловой и четвертичной систем.

По анализу карт толщин отложений и сейсмических временных разрезов можно определить время заложения и историю развития структуры. Она начала формироваться в виде малоамплитудной приподнятой зоны со сводом предположительно, в предъевланское время. Юго-западнее структуры в это время заложился высокоамплитудный региональный сброс. С севера к нему примыкает поднятие, отделенное от Квасниковской структуры малоамплитудным прогибом. Не исключено, что они во франкское время образовывали единую приподнятую зону.

Формирование Квасниковской структуры к концу каменноугольного времени, в основном закончилось. Региональный наклон, образовавшийся в предъюрское время, уменьшил амплитуду структуры на севере и ее северо-западе с 50 до 30 м.

Промышленная нефтегазоносность месторождения установлена в отложениях каменноугольного комплекса и приурочена к пластам верейского ( $C_2vr$ ), мелекесского ( $C_2mk$ ) и бобриковского ( $C_1bb$ ) горизонтов.

Продуктивные отложения верейского горизонта (пласт IV) вскрыты всеми скважинами, пробуренными в пределах Квасниковского месторождения. Средняя глубина залегания продуктивных отложений составляет 915 м (а.о.-885 м).

Залежь контролируется локальным поднятием, которое на уровне залегания продуктивных отложений верейского горизонта выделяется по замыкающей изогипсе а.о.-910 м и представляет собой брахиантиклинальную складку северо-западного простирания, осложненную 3 тремя куполами: северо-западным, центральным и восточным. Купола обособляются в контурах изогипсы -900 м.

**Второй раздел «Методика проведения геолого-технологических исследований скважин».** Геолого-технологические исследования являются составной частью геофизических исследований нефтяных и газовых скважин и предназначены для осуществления контроля за состоянием скважины на всех этапах её строительства и ввода в эксплуатацию с целью изучения геологического разреза, достижения высоких технико-экономических показателей, а также обеспечения выполнения природоохранных требований [1].

ГТИ проводятся с использованием взаимосвязанных ресурсов, включающих персонал, технические средства, средства и методики калибровки, средства обслуживания оборудования, технологию и методики исследований. Процесс исследований начинается преобразованием измеряемых физических величин в информационные сигналы в датчиках в местах их установки, а заканчивается предоставлением полученной и обработанной информации другим участникам процесса строительства скважины.

Первичной информацией для ГТИ являются:

- значения физических величин от датчиков в местах установки их на буровом оборудовании;
- результаты исследований в полевой и стационарной лабораториях ГТИ образцов керна, проб бурового раствора, шлама и пластового флюида;
- исходные данные проекта на строительство скважины;

- сообщения, поступающие от специалистов, участвующих в технологическом процессе строительства скважины, и характеризующие состояние этого процесса;

- прогнозные параметры ГТИ, полученные при анализе результатов бурения соседних скважин, а также результатов геологических, геохимических и геофизических исследований на окружающей территории.

Выходной информацией ГТИ являются:

- значения параметров, измеренные постоянным шагом дискретизации по времени и глубине ствола скважины, а также рассчитанные по заданным алгоритмам;

- Отчетная информация в текстовой и графической формах, обобщающая результаты исследований за определенный период времени или интервал глубины скважины;

- рекомендации, поступающие от персонала, проводящего ГТИ, другим специалистам, участвующим в технологическом процессе строительства скважины;

- результаты анализа деятельности по сопровождению строительства скважины геолого-технологическими исследованиями, обобщенные в форме текстового отчета с таблицами и иллюстрациями [2].

При ГТИ решают геологические задачи:

- построения в процессе бурения фактического литологического разреза скважины;

- оперативного выделения опорных пластов-реперов;

- проведения литолого-стратиграфического расчленения разреза;

- оперативного выделения пластов-коллекторов;

- определения характера насыщения коллекторов;

- оценки фильтрационно-емкостных свойств пластов-коллекторов.

С целью оптимизации получения геолого-геофизической информации проводят выбор и корректировку интервалов отбора керна, шлама, образцов

грунтов, испытания пластов, а также интервалов, методов и времени проведения геофизических исследований в скважинах.

ГТИ используют для решения технологических задач:

- оптимизации процесса углубления скважины в зависимости от геологических задач;
- распознавания и определения продолжительности технологических операций;
- выбора и поддержания рационального режима бурения с контролем отработки долот;
- оптимизации спускоподъемных операций (ограничение скорости спуска, оптимизация загрузки грузоподъемных механизмов);
- контроля гидродинамических параметров в скважине;
- раннего обнаружения проявления и поглощения при спускоподъемных операциях, управления процессом долива скважины;
- определения пластового и порового давлений (прогнозирование зон АВПД и АВПоД);
- контроля спуска и цементирования обсадной колонны;
- диагностики работы бурового оборудования.

ГТИ обеспечивают решение информационных задач:

- синхронизации работы регистрирующих комплексов на буровой;
- сбора, обработки и накопления геолого-технологической информации в виде базы данных;
- обеспечения информацией всех служб, участвующих в процессе строительства скважин;
- составления сводных форм оперативной отчетности;
- передачи информации ГТИ по каналам связи [3].

Типовой комплекс исследований для решения геологических задач.

Для решения геологических задач применяется типовой комплекс исследований, включающий методы изучения шлама, керна, промывочной и

пластовой жидкости, параметров бурения. В этот комплекс входят (в порядке очередности поступления информации из скважины):

- механический каротаж;
- фильтрационный каротаж;
- газовый каротаж в процессе бурения;
- исследования шлама и керна;
- литологические, петрофизические, газометрические исследования керна и шлама; комплекс литологических, петрофизических, газометрических исследований керна и шлама включает в себя кальциметрию, люминисцентно-битуминологический анализ (ЛБА), термовакуумную дегазацию (ТВД), определение минералогической плотности и коэффициента пористости;
- построение шлагограммы и литологической колонки с предполагаемой стратиграфической привязкой вскрываемых отложений (стратиграфическая привязка уточняется процессе дальнейшего строительства скважины после проведения ГИС и палеонтологических исследований шлама и керна);
- оперативный комплексный анализ материалов, полученных в результате исследований керна и шлама, газового каротажа, фильтрационного каротажа, детального механического каротажа, с привлечением материалов ГТИ и ГИС по исследуемой и соседним скважинам.

В настоящей работе в качестве информационных параметров используются данные газового и механического каротажей.

Метод механического каротажа основан на изменении скорости бурения ( $V_{\text{мех.}}$ ) или обратной ее величины - продолжительности бурения заданного постоянного интервала (ДМК). При прочих равных условиях эти параметры зависят от литологического состава пород и коллекторских свойств. Метод применяется для литологического расчленения разреза, выделения коллекторов и зон АВПД.

Механический каротаж проводится путем измерения времени бурения заданного интервала проходки (0,2; 0,5; 1,0 м) или механической скорости через 0,5; 1,0 м с помощью датчиков, входящих в комплект газокаротажных и геолого-технологических станций.

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 напряженным пород, которое характеризует физико-механические свойства пород, в том числе плотность и пористость.

Газовый каротаж основан на изучении количества и состава газа, попавшего в буровой раствор из разбуриваемых или ранее вскрытых скважиной пластов, содержащих углеводородные газы. Газовый каротаж используется для выделения нефтегазосодержащих пластов, выделения зон АВПД, предупреждения выбросов нефти газа. При газовом каротаже в процессе бурения непрерывно измеряется суммарное содержание углеводородных газов и периодически - компонентный состав углеводородных газов (УВГ), попавших в раствор из разбуриваемых горных пород.

Газ, извлекаемый из бурового раствора, по механизму обогащения подразделяется на 4 типа:

- освобожденный газ (ОГ), газ, попадающий в буровой раствор

только из объема выбуренной породы);

- рециркулированный газ (РЦ), газ, не успевший выделиться из бурового раствора в атмосферу и закаченный обратно в скважину;

- пластовый газ (ПГ), газ, насыщающий буровой раствор в месте его контакта с пластом, когда пластовое давление превышает давление в скважине;

- примесный газ (ПрГ), газ, связанный с добавками нефти или химреагентов, попаданием воздуха под «квадрат» при наращиваниях и т.д.

В данной работе проводится анализ только пластового газа с целью определения характера насыщения коллектора.

Оперативная интерпретация результатов газового каротажа в процессе бурения проводится в следующей последовательности. По кривой Гсум или покомпонентного анализа, регистрируемых непрерывно в функции времени, выделяются аномалийные участки (в 1,5 раза и более выше фоновых значений).

**Люминесцентно-битуминологический анализ** основан на свойстве битумоидов при их облучении ультрафиолетовыми лучами испускать «холодное» свечение, интенсивность и цвет которого позволяет визуально оценить наличие и качественный состав битумоида в исследуемой породе.

**Термо-вакуумная дегазация (ТВД)** является инструментом для извлечения углеводородных газов из открытых пор шлама, а также для извлечения газа, содержащегося в буровом растворе. После извлечения газа определяется его количество и при помощи хроматографа анализируется его состав. Такой анализ проводится с целью выявления продуктивных нефтегазоносных пластов и выделения зон аномально высоких поровых и пластовых давлений. Следует отметить, что данный метод является дополнительным при выявлении продуктивных пластов-коллекторов.

**Результаты работ.** Исследуемая скважина № 1 была заложена с целью поиска залежей нефти и газа в девонских отложениях, с проектной глубиной

1827 м, и проектным горизонтом – средний девон. Достигнутый забой – 1870 м. (см. Приложение А).

В процессе бурения решались следующие основные задачи:

- оперативное литолого-стратиграфическое расчленение разреза на основании интерпретации шлагограммы, кернавого материала и ДМК с привлечением материалов ГИС;
- выделение коллекторов;
- оценка характера насыщения перспективных интервалов разреза.

В ходе строительства скважины по оперативной информации, представленной ГТИ был произведен отбор керна из 4 интервалов, суммарная проходка составила 20,2м, суммарный вынос составил 12,5м.

Общая глубина забоя составляет 1870 метров, керна из 1870 метров было отобрано всего лишь 12,5 метров. Проанализировав это, можно еще раз сказать об актуальности исследования шлама, ведь керн отбирается и исследуется эпизодически, а шлам отбирается и исследуется постоянно, благодаря этому производится оперативное расчленение разреза, а также исследование шлама дает более детальную информацию о вскрываемых отложениях.

В процессе бурения скважины вскрыты стратиграфические подразделения девонской и каменноугольной систем.

В результате комплексного использования данных технологических и геолого-геохимических исследований были выделены пласты коллекторы и оценены коллекторские свойства и характер насыщения пород вскрытого разреза.

Продуктивными пластами являются пласты верейского и бобриковского возраста. Содержание нефти в этих пластах составляет порядка 20-30%.

**Заключение.** В процессе бурения скважины выполнен полный комплекс методов ГТИ, включающий фракционный анализ шлама; определение карбонатности пород; люминесцентный анализ шлама и

бурового раствора; ИК-спектрометрию шлама с целью количественного определения нефти; оценку плотности и пористости шлама; определение объемного газосодержания бурового раствора; измерение суммарного газосодержания бурового раствора; измерение компонентного состава углеводородного газа в газозудной смеси, извлеченной из непрерывно дегазируемого бурового раствора; термовакуумную дегазацию проб шлама.

Использованная методика проведения ГТИ позволила выполнить литолого-стратиграфическое расчленение вскрытого разреза, выделить коллекторы и охарактеризовать нефтегазонасыщенность пройденных бурением интервалов; уточнить геологическое строение разреза; предупредить аварийные ситуации в процессе бурения. По результатам ГТИ в процессе бурения были оперативно выданы рекомендации на корректировку интервалов отбора керна и отбор керна.

В породах верейского горизонта московского яруса среднего отдела каменноугольной системы, бобриковского горизонта визейского яруса нижнего карбона, а также в отложениях турнейского яруса нижнего карбона выявлены нефтенасыщенные и предположительно нефтенасыщенные объекты. Выполненное литологическое расчленение и оценка характера насыщения отложений подтверждены проведенными промыслово-геофизическими исследованиями.