

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Использование методов ГТИ для повышения эффективности поисково-
разведочного бурения
(на примере Лыковской площади Саратовской области)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 5 курса 531 группы
направление 21.03.01 геология
профиль «Нефтегазовое дело»
геологического ф-та
Воробьева Сергея Викторовича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

К.Б. Головин

подпись, дата

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2020

Введение. В настоящее время реалии нефтегазовой отрасли таковы, что усложнение геологических и технологических условий вскрытия потенциально перспективных в нефтегазоносном отношении пластов ведут к снижению геологической и экономической эффективности геологоразведочных работ. Данный естественный процесс усугубился резким падением мировых цен на нефть, средняя величина которых сократилась более чем в два раза за последние 5-6 лет.

В условиях нестабильной конъюнктуры закономерно сокращение расходов на ведение геологоразведочных работ (ГРР) как со стороны государства, так и со стороны недропользователей.

В сложившейся ситуации задачи по оптимизации и сокращению затрат на бурение скважин становятся особо актуальными для нефтегазодобывающих и буровых компаний, заставляя снижать объемы бурения, отказываться от поисково-разведочного бурения (ПРБ) в пользу эксплуатационного.

В то же время существует возможность сокращения затрат на проведение ГИС в скважинах ПРБ, связанная с использованием данных геолого-технологических исследований скважин (ГТИ).

ГТИ являются составной частью геофизических исследований нефтяных и газовых скважин и предназначены для осуществления контроля за состоянием скважины на всех этапах ее строительства и ввода в эксплуатацию с целью изучения геологического разреза и достижения высоких технико-экономических показателей бурения.

Повсеместно используемые в настоящее время геологические и технологические методы ГТИ способны дать ответы на вопросы о текущем положении забоя скважины во вскрываемом разрезе и, соответственно, прогнозировать момент вскрытия кровли продуктивного пласта, что отвечает решению таких геологических задач ГТИ как: оперативное литолого-стратиграфическое расчленение разреза; выявление реперных горизонтов; оперативное выделение пластов-коллекторов; определение характера насыщения пластов-коллекторов; оценка фильтрационно-емкостных свойств

(ФЕС) пластов-коллекторов; выбор и корректировка интервалов отбора керна; интервалов, методов и времени проведения изменяемой части обязательных детальных исследований ГИРС.

Основываясь на вышеизложенных предпосылках целью данной работы является демонстрация возможностей ГТИ по успешному решению задачи выбора и корректировки интервалов отбора керна с соответствующим исключением детальных исследований ГИС дублирующего назначения (привязочный каротаж) для оптимизации и сокращения затрат на ПРБ.

На примере Лыковской площади показаны возможности использования скорости проходки, результатов изучения шлама, люминисцентно-битуминологического анализа для литологического расчленения и идентификации вскрытия продуктивного пласта-коллектора.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- изучено геологическое строение Лыковской площади;
- изучено поведение механической скорости проходки в породах различного литологического состава;
- рассмотрены методы исследования шлама, интерпретации данных ЛБА;
- обосновано применение выбранных информативных параметров для достижения поставленной цели в конкретных геологических условиях.

Материалом для исследования послужили диаграммы ГТИ и ГИС, а также образцы шлама и керна, отобранные в процессе бурения.

Выпускная квалификационная работа состоит из трех разделов: раздел 1 – «Геолого-геофизическая характеристика района работ»; раздел 2 – «Методика работ»; раздел 3 – «Результаты работ».

Основное содержание работы. В административном отношении Лыковская площадь расположена в пределах Петровского района Саратовской области. Районный центр – г. Петровск – расположен в 4,5 км восточнее.

В тектоническом плане район работ расположен в пределах Рязано-Саратовского прогиба, занимая северо-восточную часть Аткарской впадины.

В нефтегазгеологическом отношении район работ расположен в пределах Нижне-Волжской нефтегазоносной области Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

В строении разреза принимают участие архейские, протерозойские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские образования.

Традиционно на территории Саратовского Поволжья регионально продуктивными считаются следующие нефтегазоносные комплексы:

- средне-верхнедевонский карбонатно-терригенный;
- верхнедевонско-нижнекаменноугольный карбонатный;
- ниже-верхневизейский терригенный;
- верхневизейско-нижнебашкирский карбонатный;
- верхнебашкирско-нижнемосковский терригенный.

По аналогии с сопредельными площадями на участке прогнозируются залежи пластовые сводовые, литологически экранированные. Учитывая наличие дизъюнктивных нарушений предполагается также наличие тектонически экранированных ловушек.

Изучение геологических разрезов скважин по продолжительности проходки $\tau_{пр}$ (время, затраченное на бурение 1 м скважины при заданном режиме бурения) основывается на прямой зависимости $\tau_{пр}$ от критического (временного) напряжения $\sigma_{кр}$ горной породы. Критическое напряжение характеризует сопротивляемость породы разрушению в процессе бурения и находится в сложной зависимости от временных сопротивлений $\sigma_{сж}$ и τ_c породы на сжатие и срез. При динамической нагрузке $\sigma_{кр}$ значительно меньше (до 10 раз) его значения при статической нагрузке.

Из пород осадочного комплекса максимальная твердость отмечается у известняков (до 2500 МПа); твердость возрастает с увеличением степени кристаллизации и окремнелости. Доломитизация, выщелачивание известняков и повышенное содержание глинистых частиц вызывают резкое снижение их твердости.

Твердость песчано-алевритовых пород зависит также от их минерального

состава и степени цементации. Наибольшую твердость имеют кварцевые сливные песчаники с кремнистым и известковистым цементом.

Для карбонатов и песчаников твердость $\rho_{ш}$ уменьшается с возрастанием коэффициента пористости.

Глины, аргиллиты, пески и другие рыхлые породы характеризуются низкой твердостью (до 200 МПа).

Выделение основной породы производится тремя способами: способом шлагограмм, способом эталонно-прогнозных моделей и способ фракционного анализа шлама.

Макро- и микроскопические исследования являются визуальными методами определения литологического состава и других особенностей пород по шламу и керну.

Шлам исследуется с применением бинокулярного стереоскопического микроскопа типа МБС, керн – с помощью лупы с 6-12-кратным увеличением.

Микроскопическое описание производится при необходимости в стационарных лабораториях после изготовления шлифов из отдельных литологических разностей пород. Под микроскопом исследуются породы-коллекторы с целью более детального их изучения. Уточняется вещественный состав основной части породы и цемента, форма и размеры зерен, структура порового пространства. Микроописание бывает необходимо также при определении стратиграфических границ, маркирующих слоев и в случаях, требующих точной литологической характеристики разреза, особенно на площади поисковых скважин, при параметрическом бурении. Результаты макро- и микроисследований шлама и керна заносятся в журнал оператора-геолога, на сводную диаграмму геологических исследований и в ежесуточную сводку геолого-технологических исследований.

В основу карбонатометрии положен принцип взаимодействия кальцита и доломита с соляной кислотой с выделением углекислого газа. В результате анализа определяется процентное содержание кальцита, доломита, и нерастворимого остатка в карбонатных отложениях. На основании этих данных

можно классифицировать породу и получить дополнительное представление о ее физических свойствах.

Анализ производится на карбонатомере. Используемый автором карбонатомер основан на манометрическом принципе анализа.

Первый замер снимается через 60 секунд и соответствует содержанию кальцита (известняка).

Второй замер, дающий процентное содержание доломита, снимается через 30 минут. Разница между 100% и суммой кальцита и доломита составляет нерастворимый остаток.

Данный метод анализа не позволяет идентифицировать породу, определяемую как «нерастворимый остаток». Это может быть как глина и песчаник, так, например, соль и ангидрит. Для литологического определения нерастворимого остатка привлекаются дополнительные методы исследования шлама и керна.

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.

Обнаружение, первичная диагностика и выяснение характера распределения в горной породе включают:

- визуальный просмотр шлама (керн) на присутствие битумоидов;
- капельно-люминесцентный анализ для определения качественного состава и количественного содержания битумоидов в шламе (керне).

Для визуального просмотра из пробы шлама отбираются сухие частицы основной породы, не загрязненные буровым раствором, и просматриваются под люминесцентным осветителем. Присутствие битумоидов обнаруживается по свечению углеводородов, находящихся в порах и трещинах горных пород, вызванному облучением ультрафиолетовыми лучами.

Для количественной оценки содержания битумоидов в исследуемой пробе в полевых условиях используется пятибалльная система, предложенная

Флоровской В.Н.

К отрицательным факторам, влияющим на снижение информативности люминесцентно-битуминологического анализа, относятся добавки в буровой раствор нефти и бурение с применением известково-битумных растворов.

В работе отражены результаты бурения четырёх поисковых скважин Лыковской площади - №№ 1, 2, 3, 4. В качестве перспективных отложений, на поиски залежей в которых закладывались скважины, представлены отложения башкирского яруса, пласт А4.

Перед специалистами ГТИ, включая автора настоящей работы, была поставлена задача отбивки кровли верейских и черемшано-прикамских отложений и определения характера насыщения последних.

Специфика разреза среднекаменноугольных отложений такова, что перспективным карбонатным черемшано-прикамским отложениям предшествует довольно выдержанная толща верейско-мелекесских глин и аргиллитов с пропластками песчаников и алевролитов.

Такое сочетание является весьма благоприятным для анализа механической скорости проходки, так как происходит смена мягких и довольно мягких пород, характеризующихся твёрдостью по штампу до 200 МПа, твёрдыми и очень твёрдыми породами с $\rho_{ш}$ от 2000 до 2500 МПа.

С другой стороны, ожидание коллектора предполагает наличие средних по степени твёрдости пород, что размывает границу по твёрдости между верейско-мелекесскими и черемшано-прикамскими отложениями и требует привлечения дополнительных методов анализа – макроописания шлама, кальцитометрии, ЛБА.

Изложенные в разделе 2 теоретические основы позволили выполнить литологическое расчленение разреза (выделить сходные по составу литологические пачки пород) по вышеуказанным информативным параметрам. Согласно установившейся в ГТИ практике в качестве характерного параметра используется не механическая скорость проходки, а показания детального механического каротажа, мин/м.

В скважине 1 кровля верейских отложений характеризуется резким снижением ДМК с 4-5 до 1-2, знаменующим смену известняков на глины.

Кровля черемшано-прикамских отложений характеризуется падением ДМК (ростом мехскорости проходки) с 25-30 до 12-16. Наличие признаков по ЛБА – интенсивность свечения 4 балла и оранжево-коричневый характер свечения в соответствии с таблицей 5 - позволили прогнозировать наличие продуктивного коллектора и рекомендовать бурение с отбором керна. Исследования керна показали наличие выпотов и запаха УВ. Продуктивность отложений также подтвердилась последующими ГИС.

В скважине 2 в связи с продолжительной неисправностью регистрирующего оборудования ДМК не информативен. Задача определения момента вскрытия продуктивного коллектора решалась с помощью анализа шлама. Признаками приближения к кровле черемшано-прикамских отложений, стали увеличение интенсивности свечения до 4 баллов и смена цвета свечения с бело-голубого на жёлтый. Вскрытие по данным анализа шлама карбонатных пород с наличием подобных признаков УВ-насыщения позволило прогнозировать наличие продуктивного коллектора и рекомендовать бурение с отбором керна. Поднятый керн содержал запах УВ, включения битуминозного вещества.

В скважине 3 вскрытие кровли верейских отложений сопровождается резким снижением ДМК с 60-100 до 18-22, характеризующим смену известняков на глины. Кровля черемшано-прикамских отложений характеризуется падением ДМК (ростом мехскорости проходки) с 25-28 до 20-17, что указывает на вскрытие коллектора. По ЛБА интенсивность свечения составила 3 балла, цвет свечения жёлтый. Был рекомендован отбор керна. В поднятом керне были обнаружены выпоты маслянистой жидкости с запахом УВ.

В скважине 4 кровля верейских отложений отбивается падением ДМК с 25-30 до 7-11, обусловленным сменой каширских известняков верейскими глинами. Переход из подошвы мелекесских глин в кровлю черемшано-

прикамских известняков отбивается ростом ДМК с 18-25 до 45-55. Отсутствие изменения показаний ЛБА по сравнению с перекрывающими глинистыми породами, значительное увеличение глубины залегания кровли предполагавшегося продуктивным пласта А4 исключили выдачу рекомендаций на отбор керн.

Выполненные исследования, помимо показанной эффективности определения границ перспективных пластов, позволили уточнить геологическое строение площади. Лишь одна из четырёх скважин подтвердила проектные структурные построения, вскрыв перспективный пласт выше проектных данных. По остальным скважинам структура «провалилась», что указывает на некорректные представления о строении структуры, основанные на неверном истолковании материалов полевой геофизики.

В то же время, данная ситуация стала хорошей демонстрацией возможностей ГТИ по решению геологических задач в поисковых скважинах. Так, во-первых, несмотря на существенные отклонения от данных геологического наряда была чётко определена (по ДМК, шламу, ЛБА) кровля черемшано-прикамских отложений, что исключило необходимость проведения привязочного каротажа. Во-вторых, оперативная оценка характера насыщения башкирских отложений позволила сделать вывод об их обводнённости, что сделало нецелесообразным отбор керн из предполагавшегося продуктивным пласта. Данный вывод впоследствии был подтверждён материалами ГИС.

Заключение. Проведенные в скважинах Лыковской площади исследования на основе изучения механической скорости проходки, детального литологического анализа образцов шлама и керн, люминисцентно-битуминологических исследований каменного материала показали высокую эффективность данных методов при определении разбуриваемых горных пород разного литологического состава.

С помощью показаний метода механической скорости проходки определены моменты входа в проектный продуктивный горизонт с дальнейшим подтверждением результатами анализа шлама, керн и материалами ГИС.

По результатам выполненных исследований решен ряд поставленных перед написанием настоящей работы задач, а именно:

- уточнено геологическое строение Лыковской площади, показано несоответствие прогнозных данных фактическому положению литолого-стратиграфических границ;
- проведена корректировка интервалов отбора керна;
- оптимизированы интервалы выполнения ГИС за счёт исключения привязочного каротажа перед отбором керна.

Выполненные работы позволили повысить геологическую и экономическую эффективность бурения скважин.