

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра геофизики

**«Каротаж в процессе бурения эксплуатационных скважин
(на примере Памятно-Сассовского месторождения)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы очной формы обучения

геологического факультета

направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

профиль «Геолого-геофизический сервис

нефтегазовых скважин»

Дрефиш Хуссейн Шлака

Научный руководитель

кандидат геол.-мин.наук, доцент

М.В. Калининкова

подпись, дата

Зав. кафедрой

кандидат геол.-мин.наук, доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2020

Введение. Актуальность работы определяется тем, что потребности человечества в углеводородном сырье, отсутствие надежной альтернативы нефти и газу как топливу требуют совершенствования технологий нефтегазовой отрасли.

Основным средством изучения горных пород, вскрытых скважинами, стали в настоящее время геофизические методы исследований – измерения различных физических параметров, позволяющие определять геологические характеристики пород и контролировать режим работы пластов в процессе бурения скважин. Однако проведение классических геофизических исследований на кабеле требует простоя в работе буровой бригады и бурового оборудования, кроме того, исследования проводятся спустя несколько десятков часов после вскрытия исследуемого интервала. В течение этого времени буровой раствор воздействует на прискважинную зону, безвозвратно изменяя физические свойства среды. Это особенно критично, учитывая не большой радиус исследования геофизических методов.

Передовым подходом к геофизическим исследованиям скважин являются геофизические исследования скважин в процессе бурения (measurements and logging while drilling). Геофизические исследования, проводимые непосредственно в процессе бурения скважины лишены перечисленных выше недостатков. Они решают комплекс геологических и технологических задач, направленных на оперативное выделение в разрезе бурящейся скважины перспективных на нефть и газ пластов-коллекторов, изучение их фильтрационно-ёмкостных свойств и характера насыщения, обеспечение безаварийной проводки скважин и оптимизацию режима бурения.

Целью данной работы является анализ коррелируемости показаний геофизических исследований на кабеле и геофизических исследований в процессе бурения.

В соответствии с поставленной целью необходимым является рассмотрение следующих **задач**:

- изучение геолого-геофизической характеристики Памятно-Сасовского месторождения;
- изучение методики проведения каротажа в процессе бурения;
- анализ сходимости данных ГИС полученных в процессе бурения с данными ГИС на кабеле.

Данная работа включает введение, 3 раздела: раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика территории исследования», раздел 2 «Каротаж в процессе бурения – современный подход к геофизическим исследованиям в скважинах», в третьем разделе «Результаты работы», заключение,

список используемых источников.

Основное содержание работы. Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика территории исследования» содержит четыре подраздела.

Подраздел 1.1 «Общее положение территории исследования». В административном отношении район работ расположен в восточной части Жирновского района Волгоградской области, в 300 - 320 км к северу от г. Волгограда. Крупными населенными пунктами являются районный центр г. Жирновск в 32-36 км к северо-западу и районный центр г. Котово в 78-82 км к югу от месторождения.

В геоморфологическом отношении Памятно-Сасовское месторождение приурочено к Доно - Медведицкой гряде, которая относится к юго-западному окончанию Приволжской возвышенности, расположенной на юго-востоке Русской равнины. Гряда занимает обширное Медведицко - Иловлинское междуречье, а с запада и востока ограничена долинами обеих рек. На северо-востоке гряда подходит к долине р. Мокрая Ольховка, а на севере ее граница условно проводится по административной границе с Саратовской областью.

Во втором подразделе 1.2 «Литолого-стратиграфическая характеристика разреза», приведено описание литолого-стратиграфического разреза Памятно-Сасовского месторождения. В районе месторождения на архей-протерозойском гранито-гнейсовом фундаменте залегает толща осадочных отложений общей толщиной 4400-5000 м в составе девонской, каменноугольной, пермской, юрской и меловой систем. В работе приводится литолого-стратиграфическое описание разреза по данным стратиграфических заключений вскрытого разреза и литологического описания пород.

В подразделе 1.3 «Тектоника» приведены данные о структурном плане изучаемой площади. Ведущим структурным элементом территории является обширная Уметовско-Линевская депрессия, окруженная приподнятыми зонами. В строении осадочного чехла выделяют два основных структурных этажа: верхний и нижний. Четкой границы между ними не существует. Франско-фаменские карбонатные отложения выполняют палеоструктурный рельеф терригенного девона. Последние выражаются до нижней части карбонатной толщи девона, но в верхнефаменских отложениях практически сnivelированы. По верхнему структурному этажу Памятно-Сасовское

месторождение приурочено к Жирновско-Чухонастовскому сложному валу Доно-Медведицких дислокаций.

Подраздел 1.4. «Нефтегазоносность» содержит информацию о нефтегазоносности района, в котором расположено исследуемое месторождение. В современном плане рифогенная постройка представляет собой отчетливо выраженную положительную структуру. В разрезе скважин Памятно-Сасовского месторождения опробованы каменноугольные и девонские отложения (всего восемь стратиграфических подразделений). Перспективные объекты для опробования выбирались в соответствии с рекомендациями оперативной обработки ГИС. Промышленно нефтеносными во вскрытом разрезе являются только ливенские отложения, по которым подсчитаны и поставлены на государственный баланс запасы нефти и растворённого газа.

Раздел 2 «Каротаж в процессе бурения – современный подход к геофизическим исследованиям в скважинах» содержит 2 подраздела.

Современные исследования скважин — каротаж в процессе бурения LWD (logging while drilling) — позволяют экономить время на исследование скважин, в связи с чем значительно уменьшается зона проникновения фильтрата бурового раствора в пласт, что приводит к сокращению времени на его освоение. С помощью применения нейтронного и лито-плотностного каротажа во время бурения появляется возможность более корректно оценивать литологию и пористость пласта. Применение азимутальных методов каротажа позволяет определять угол и азимут напластования, а также другие структурные элементы пласта, необходимые для эффективной геонавигации в процессе бурения.

Подраздел 2.1 «Виды каротажа в процессе бурения» содержит определение, описание и задачи, которые методы ГИС.

Метод гамма - каротажа. Гамма-каротаж основан на измерении по стволу скважины гамма-излучения, вызванного естественной радиоактивностью горных пород. Из естественных радиоактивных элементов наиболее распространены уран ^{238}U , торий ^{232}Th и изотоп калия ^{40}K . Уран и торий с продуктами распада образуют ряды из нескольких (порядка 10) радиоактивных элементов. Эти элементы последовательно распадаются, последний из продуктов распада превращается в свинец Pb. Каждый элемент при распаде наряду с заряженными α и β -частицами излучает γ -кванты с присущей ему энергией E.

Гамма-каротаж в комплексе методов общих исследований применяется при решении

следующих задач:

- выделение высокорadioактивных пластов-реперов;
- разделение глин-покрышек по минералогическому составу;
- разделение пород фундамента по составу (от основных до кислых магм), выделение кор выветривания, других контрастных по данным ГК образований;
- литологическое расчленение различных типов горных пород;
- определение глинистости горных пород.

Определение коэффициента глинистости по данным гамма-метода основано на близкой к прямой зависимости этого коэффициента от естественной гамма-активности песчано-глинистых горных пород; привязка к разрезу результатов исследования другими методами каротажа, интервалов перфорации и др.

Такая возможность основана на возможности проводить ГК в обсаженных скважинах;

- выделения в разрезах скважин местоположения полезных ископаемых, отличающихся пониженной или повышенной гамма-активностью;
- выделения коллекторов;
- массовые поиски радиоактивного сырья.

Метод гамма-гамма каротажа. Гамма-гамма каротаж (ГГК) исследует особенности прохождения через породы гамма-излучения от специального источника гамма-квантов.

При проведении ГГК в скважину опускается измерительная установка, состоящая из источника и детектора гамма-излучения, разделенных свинцовым экраном. Экраном поглощаются те γ -кванты, которые распространяются по прямой линии от источника до детектора. Гамма-кванты, проникающие в породу, рассеиваются на электронах, входящих в состав атомов пород, часть из них после нескольких актов рассеяния попадает в детектор и регистрируется. Чем больше плотность горных пород, тем меньше γ -квантов проходит в детектор.

Метод нейтронного гамма каротажа. Показания при нейтронном каротаже обусловлены эффектами взаимодействия потока нейтронов с ядрами элементов горных пород. Исследования ведутся при помощи глубинного прибора, содержащего источник и индикатор нейтронов. Одним из вида ядерных частиц, имеющих важнейшее значение при исследовании скважин, являются нейтроны. Нейтрон-это частица с атомным номером равным единице и с зарядом равным нулю 1_0n .

Нейтрон не ионизирует среду. Масса нейтрона равна массе протона. В окружающей скважине среде нейтрон взаимодействует с ядрами атомов химических элементов.

Нейтронный каротаж базируется на исследовании поля медленных нейтронов и гамма квантов, создаваемого источником быстрых нейтронов, находящимся в скважинном приборе. Быстрые нейтроны имеют энергию 1–15 МэВ, промежуточные 1 МэВ-10 эВ, медленные или надтепловые 10-0,1 эВ и тепловые нейтроны со средней энергией 0,025 эВ. На основе реакций, происходящих при облучении бериллия α -частицами, получают нейтроны широкого спектра – от 1 до 10 МэВ, в среднем 4-5 МэВ. Нейтроны, излучаемые ускорительной трубкой импульсного генератора, имеют энергию 14 МэВ.

Метод импульсного нейтрон-нейтронного каротажа. Метод импульсного нейтрон-нейтронного каротажа (ИННК) предложен академиком Г. Н. Флёрным в середине 50-х годов и основан на использовании различия средних продолжительностей жизни тепловых нейтронов в средах разного химического состава.

Взаимодействие нейтронов с веществом проявляется в результатах столкновений с ядрами атомов, входящих в среду переноса нейтронного излучения. Столкновение нейтрона с ядром может заканчиваться либо отклонением нейтрона от первоначального направления переноса, т.е. рассеянием, либо захватом нейтрона ядром, т.е. образованием составного ядра.

Подраздел 2.2 «Особенности проведения каротажа в процессе бурения» содержит описание и задачи, которые решаются с помощью каротажа в процессе бурения.

Использование каротажа в процессе бурения на этапе разведочного бурения эксплуатационных скважин позволяет принимать решения в процессе работы, поскольку данные обновляются в режиме реального времени, а участники проекта и рабочая группа проекта имеют возможность изменять параметры буровой программы.

Данные каротажа в процессе бурения позволяют оператору принимать обоснованные решения еще во время строительства скважины. К преимуществам также стоит отнести отсутствие значительного разрыва во времени между первоначальными измерениями и воздействием скважины на пласт, таким, например, как проникновение в него фильтрата. Кроме того, можно производить повторный каротаж через определенные промежутки времени и повторно оценивать интерпретируемые данные в процессе бурения, что обеспечивает точность проводки в продуктивном пласте без необходимости подъема буровой колонны. Данные LWD позволяют получать более

точную информацию о фильтрационно-емкостных свойствах пласта перед окончательным спуском для окончания скважины, что гарантирует максимально экономичную эксплуатацию. Кроме того, можно отслеживать каротажные значения в процессе управления траекторией, исходя из фактически установленных, а не смоделированных геологических параметров, что обеспечивает точность проводки ствола скважины. При сложном состоянии ствола каротаж в процессе бурения позволяет оператору управлять скважиной для достижения проектной глубины.

Точные данные каротажа в процессе бурения позволяют сократить риски, связанные с буровыми работами, способствуя наилучшему выбору положения обсадной колонны на оптимальной глубине вблизи кровли продуктивного пласта, благодаря получению данных о характеристиках пласта в реальном времени, что позволяет оценить пластовое давление, а также по полученным имиджам произвести оценку устойчивости ствола скважины. Данные каротажа в процессе бурения также могут быть использованы для оптимизации размещения ствола скважины, благодаря использованию технологий геонавигации. Каротаж в процессе бурения (КВБ) позволяет точно оценить параметры пласта, возможности расстановки скважин и геомеханические свойства скважины в реальном времени. Каротаж во время бурения помогает минимизировать риски и избежать проблем при бурении.

В третьем разделе «Результаты работы» приводятся данные об интервале исследования скважины Памятно-Сассовского месторождения.

Геофизические исследования проводились в скважине №2 Памятно-Сассовского месторождения. Первоначально был пробурен вертикальный ствол с целью изучения геологического строения газоконденсатной залежи и уточнения подсчетных параметров для промышленной эксплуатации. В данном стволе своевременно были проведены геофизические исследования на кабеле. Комплекс исследований включал в себя: гамма каротаж; гамма-гамма каротаж; метод потенциала собственной поляризации; кавернометрия; акустически каротаж; нейтрон-нейтронный каротаж; боковой каротаж; индукционный каротаж; метод бокового каротажного зондирования зондами А2М0.5N и N11М0.5N.

Получена диаграмма каротажа на кабеле в вертикальном стволе в интервале зарезки. Несколько лет спустя в данном стволе была произведена «зарезка» бокового ствола с целью увеличения эксплуатационной характеристики скважины. Проектная глубина скважины 2600 м по вертикали (2941 м по стволу). Скважина была пробурена на проектный горизонт – евлано-ливенский.

Фактически достигнутый забой скважины 2921,5м по стволу и 2595,73 м по вертикали. Применён турбинно-роторный метод бурения.

Помимо геофизических исследований в процессе бурения скважины бурение сопровождалось комплексом геолого-технологических исследований. Сопровождение строительства скважины геолого-технологическими исследованиями начато на этапе бурения под эксплуатационную колонну Ø168мм и продолжено до спуска НКТ Ø73мм при глубине забоя 2921,5м.

Материалы ГТИ также важны для бурения скважины, поскольку предоставляют незаменимую информацию о геологическом составе выбуренной породы – шлама и газовом содержании бурового раствора и выбуренной породы.

В горизонтальном стволе проведен комплекс каротажа в процессе бурения включающий азимутальный гамма-картаж и индукционный картаж, предоставляющий информацию об удельном электрическом сопротивлении пород, рассчитанному по сдвигу фазы зондами разной длины. Длина использованных зондов составляла 23 и 33 дюйма. Кроме того, в процессе бурения был получен имидж гамма-каротажа. Следует отметить, что пробелы в данных азимутального гамма-каротажа связаны с бурением в режиме направленного бурения, без вращения буровой колонны. Получение азимутально-ориентированных данных в процессе бурения возможно только при наличии вращения буровой колонны с частотой не менее 20 оборотов в минуту.

Была полученная диаграмма каротажа в процессе бурения в горизонтальном стволе. В ходе работы для качественного анализа показаний ГИС на кабеле и в процессе бурения, без учета возможного влияния структуры залегания и литолого-фациальных изменений, данные ГИС вертикального ствола были развернуты по абсолютным отметкам на горизонтальный ствол. Тем не менее наиболее объективным интервалом для анализа сходимости данных ГИС на кабеле и в процессе бурения является интервал наклонного ствола, близкий к точке срезки. При работе акцентируем внимание прежде всего на нём.

В процессе работы был составлен планшет с сопоставленными диаграммами в процессе бурения и на кабеле в наклонном стволе. При детальном рассмотрении диаграмм очевидна высокая повторяемость данных между каротажем в процессе бурения и на кабеле. Наиболее наглядно эта корреляция прослеживается в данных гамма каротажа, благодаря высокой изменчивости данного показателя по глубине. У удельного электрического сопротивления изменчивость меньше, но всё же повторяемость прослеживается не хуже. Сводные данные вскрытия продуктивных интервалов по

абсолютным отметкам, данные ГИС на кабеле вертикального ствола и каротажа в процессе бурения горизонтального ствола приведены в таблице № 1.

Таблица 1 - Сводные данные вскрытия продуктивных интервалов по абсолютным отметкам

Глубина по стволу, ствол 1, м	Абс.отметка, ствол 1, м	Глубина по стволу, ствол 2, м	Абс.отметка, ствол 2, м	Стратиграфия	Характер насыщения
2402– 2411,4	(-2116,5) – (-2125,9)			Елецкий	Известняки газо- насыщенные
2411,4– 2436	(-2125,9) – (-2150,5)			Елецкий	Известняки водо- насыщенные
2583,6– 2706,6	(-2298) – (-2421,9)	2841,8– 2921,5	(-2298,3) – (-2309,1) подошва не вскрыта	Ливенский	Доломиты газо- насыщенные
2706,6- 2789				Ливенский	Доломиты водо- насыщенные

Из сопоставления фактических замеров ГК, выделяется высокая сходимость данных в верхнем и нижнем интервалах горизонтального окончания, 2314-2510м (кроме верхней части где выделяется некоторая невязка данных ГК), 2720-2890м (глубины по второму стволу). В интервале 2510-2720м встречаются расхождения значений, природу которых необходимо интерпретировать. Вероятно, она связана с воздействием бурового раствора на прискважинную зону, изменением геофизических свойств горных пород по латерали (отход горизонтального ствола от материнского на финальный забой составил более 500 м) или ошибками при развертке данных ГИС материнского ствола.

Подводя краткий итог всему вышесказанному, можно с уверенностью сказать, что данные ГИС, полученные в процессе бурения, качественно не отличаются от данных ГИС на кабеле. Таким образом, в текущих реалиях бурения преимущественно горизонтальных эксплуатационных скважин использование широкого комплекса геофизических исследований в процессе бурения позволит отказаться от большей части геофизических исследований на кабеле, заменив их исследованиями в процессе бурения. Причём качество каротажных диаграмм в таком случае будет выше, благодаря

измерениям, полученных через несколько минут после вскрытия пласта, а также по множеству причин, описанных ранее.

Заключение. Таким образом, можно с уверенностью сказать, что геофизические исследования в процессе бурения скважин предоставляют высококачественные данные, дискретность которых не уступает, а иногда и превосходит каротаж на кабеле, после получения данных из памяти прибора. При сравнении данных этих двух подходов к ГИС, безусловно, возможны несущественные отличия в данных, проявляющиеся, в первую очередь в изменении амплитуды геофизических замеров. Это связано с воздействием бурового раствора на прискважинную зону горных пород, расширением зоны проникновения и промытой зоны с течением времени. Причём, чем больше времени пройдёт между вскрытием пласта и проведением ГИС на кабеле – тем существеннее будет разница. При этом, очевидно, что более качественные данные будут предоставлены каротажом в процессе бурения.

Выполненная работа отвечает всем поставленным задачам. В работе подробно изучена геолого-геофизическая характеристика исследуемого месторождения, представлены несколько каротажных диаграмм, в том числе имидж гамма-каротажа. Много внимания уделено методике проведения геофизических исследований в скважинах, рассмотрены наиболее распространённые методы каротажа в процессе бурения, такие как:

- гамма каротаж;
- гамма-гамма каротаж;
- нейтронный каротаж;
- импульсный нейтрон-нейтронный каротаж.

В полной мере выполнен качественный анализ сходимости данных ГИС, полученных в процессе бурения скважин с данными ГИС на кабеле. Цель работы достигнута полностью.