

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

Кафедра геофизики

**«Применение методов контроля за разработкой скважины на примере  
Учебного месторождения Саратовской области»**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 4 курса 431 группы  
направление 05.03.01 геология  
профиль «Нефтегазовая геофизика»  
геологического факультета  
Адеподжу Сахид Олувасегун

**Научный руководитель**

К. г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Е.Н.Волкова

подпись, дата

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Е.Н.Волкова

подпись, дата

Саратов 2021

**Введение. Актуальность темы исследования.** Современный этап развития нефтегазодобывающей отрасли России характеризуется вступлением наиболее крупных месторождений углеводородов в позднюю и завершающую стадию разработки. Характерными особенностями поздней стадии разработки являются снижение темпов отбора нефти при высокой обводненности добываемой продукции, ухудшение структуры запасов и, как следствие, низкий коэффициент нефтеизвлечения. С целью стабилизации и наращивания добычи нефти постоянно ведутся работы по приросту запасов. Современное состояние разработки нефтяных месторождений характеризуется неравномерным по толщине и простиранию заводнением нефтяных пластов. Возникает необходимость выделить интервалы обводнения и оценить целесообразность дальнейшей эксплуатации скважин. Применение различных методов контроля за разработкой месторождений предназначено для выполнения этих задач.

**Целью** данной работы является анализ применения геофизических методов контроля за разработкой обводненного месторождения на примере Учебного месторождения.

**Задачи** работы следующие:

- анализ геофизических условий территории исследования;
- изучение геофизических методов контроля за разработкой скважины;
- исследование применения методов контроля за разработкой скважин на примере Учебного месторождения.

**Основное содержание работы.** Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика территории исследования» содержит общие сведения о территории исследования. В административном отношении Учебный участок недр расположен в пределах Энгельсского района Саратовской области, в 21,5 км восточнее районного центра – г. Энгельс. В границах участка недр расположен населенный пункт п. Ясеновка, в непосредственной близости населенные пункты отсутствуют. Мелкие поселки связаны между собой и с другими поселками сельского типа большей частью грунтовыми и полевыми

дорогами. В 8,5 км южнее участка проходит железнодорожная магистраль, а также автодорога федерального значения Саратов-Уральск. Литолого-стратиграфический разрез составлен на основании данных, полученных по результатам глубокого бурения. В тектоническом отношении структура находится на Степновском сложном валу. Степновский сложный вал расположен в зоне сочленения Прикаспийской впадины и Рязано-Саратовского прогиба и является крупным тектоническим элементом древнего додевонского времени заложения. По структуре фундамента приурочен к Пачелмскому авлакогену, по гребенному под вышележащими отложениями Рязано-Саратовского прогиба. Залежи УВ приурочены в основном к ловушкам структурного типа, тектонически осложненным, коллекторами являются песчаники, эффективная нефтенасыщенная толщина коллекторов - от 3,5 м до 26 м, коэффициент пористости - 17%-19 %, коэффициент нефтенасыщенности -78% - 91%.

Ловушка выделена по горизонту D2vb (подошва воробьевских отложений). В воробьевских отложениях пласта Д2 V имеется две нефтяные залежи, одна из которых приурочена к центральному I блоку (район скважин 1, 3 и 10бис), другая - к южным III и IV блокам (район скважин 7, 5,6). Нефти легкие, метановые, малосернистые, малосмолистые, среднепарафиновые, плотность в атмосферных условиях 0,796 - 0,810 г/см<sup>3</sup>. Газы метановые, сухие, бессернистые, плотность по воздуху 0,760 - 0,837 г/см<sup>3</sup>.

Раздел 2 посвящен описанию методики исследования. Состав ГИРС (геофизических исследований и работ в скважинах), объем исследований и периодичность их проведения, обеспечивающие системность наблюдений, определяются в специальных разделах технологических схем и проектов разработки с учетом геолого-технических условий конкретных объектов разработки. Традиционно для контроля за разработкой скважины используют следующие основные геофизические методы: термометрию, барометрию,

расходомерию (механическую и термокондуктивную), влагомерию, резистивиметрию, гамма-каротаж и локатор муфт.

Геофизические методы контроля разработки можно классифицировать по характеру исследования:

1. определение характера насыщенности коллектора- различные модификации нейтронных методов, гамма-каротаж, электрометрия.

2. выделение работающих интервалов, профиля притока (поглощения - методы потока и состава жидкости в стволе работающей скважины - плотнометрия, резистивиметрия, влагометрия, гидродинамическая и термокондуктивная расходометрия.

3. Оценка качества изоляции заколонного пространства - термометрия, шумометрия.

Метод термометрии (Т) заключается в изучении естественных и искусственных тепловых полей в скважине в установившемся и не установившемся режимах. Измеряемая величина - температура (разность температур) - в градусах Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ). Результаты измерений, в том числе естественных полей, полученные в установившемся режиме, используют при этом в качестве фоновых наблюдений.

Термометрия является одним из основных методов в полном комплексе исследований скважин контроля разработки месторождений. Термометрия применяется при решении практически всех задач контроля: для выделения интервалов притока или приемистости, установления интервалов обводнения, заколонных циркуляций, определения мест нарушения герметичности обсадной колонны, насосно-компрессорных труб и забоя, глубины и интервалов разгазирования нефти, установления уровня жидкости в скважине. К достоинству термометрии относятся: возможность исследования объектов, перекрытых насосно-компрессорными трубами (НКТ), выявления слабо работающих перфорированных пластов, когда другие промысловые методы не

эффективны, выявления интервалов обводнения независимо от минерализации воды, обводняющей пласт, возможность более точной отбивки подошвы нижнего отдающего или поглощающего интервала по сравнению с методами притока (расходомерия).

Барометрический эффект проявляется при движении жидкости и газа по пласту. В результате жидкости нагреваются, а газы охлаждаются. Показания метода позволяют определять динамический уровень жидкости в стволе скважины, нефтеводораздел, пластовое давление и гидропроводность пласта.

Барометрия основана на изучении поведения давления или градиента давления по стволу скважины или во времени.

Применяют для определения абсолютных значений забойного или пластового давлений, оценки депрессии (репрессии) на пласты, определения гидростатического градиента давления, а также плотности и состава неподвижной смеси флюидов по значениям гидростатического давления, оценки безвозвратных потерь давления в сужениях ствола, гидравлических потерь движущегося потока и определения плотности и состава движущейся смеси (совместно с другими методами «притока-состава»).

Резистивиметрия позволяет различать в стволе скважине нефть, газ, воду и их смеси по величине удельного электрического сопротивления. Различаются смеси гидрофильные (сопротивление смеси стремится к сопротивлению воды) и гидрофобные (сопротивление смеси стремится к сопротивлению нефти).

Влагометрия осуществляется с помощью влагомеров. Существуют пакерные и беспакерные влагомеры. Беспакерные влагомеры используют для качественной оценки состава флюидов; пакерные - для количественных определений содержания воды и нефти.

Диэлькометрическая влагометрия (влагометрия) основана на изучении относительной диэлектрической проницаемости флюидов в стволе скважины.

Применяют для: определения состава флюидов в стволе скважины; выявления интервалов притока в скважину воды, нефти, газа и их смесей; установления мест негерметичности обсадной колонны; при благоприятных условиях - для определения обводненности (объемного содержания воды) продукции в нефтяной и газовой скважинах.

Плотнометрия как метод основана на том, что одно из свойств, которое может быть использовано для изучения характера и состава жидкости в скважине является плотность, по величине которой можно с большой точностью судить о соотношении отдельных ее компонент жидкости (нефти, воды) в скважине. В скважинах с суммарным дебитом жидкости в исследуемом интервале не ниже 120-160 м<sup>3</sup>/сут, метод плотнометрии уверенно решает задачу выделения интервалов поступления в скважину воды, нефти.

Расходометрические измерения проводятся для определения охвата продуктивного коллектора процессом разработки, уточнения положения и толщины коллекторов, определения эффективности вскрытия пластов, установления коэффициентов продуктивности отдельных прослоев. Для решения этих задач в разрезе добывающей скважины необходимо выделить интервалы, из которых происходит приток жидкости в ствол скважины, и оценить его объем для каждого пласта. В нагнетательных скважинах следует выделить интервалы поглощения жидкости и определить ее объем для каждого пласта. В нагнетательных скважинах следует выделить интервалы поглощения жидкости и определить ее объем для каждого пласта. Метод расходометрии основан на регистрации скорости и расхода жидкости или газа за некоторый период времени.

Метод электромагнитной локации муфт основан на регистрации изменения магнитной проводимости металла бурильных труб, обсадной колонны и насосно-компрессорных труб вследствие нарушения их однородности.

Принцип гамма-каротажа основан на регистрации скважинными приборами естественной радиоактивности горных пород слагающих разрез скважины.

По данным газового каротажа решают следующие задачи:

- выделения в разрезах скважин местоположения полезных ископаемых, отличающихся повышенной или пониженной гамма-активностью;
- литологического расчленения и корреляции разрезов осадочных пород;
- выделения коллекторов;
- оценки глинистости пород;
- массовых поисков радиоактивного сырья;
- в обсаженных скважинах – для выявления радиогеохимических аномалий, образующихся в процессе вытеснения нефти водой;
- увязку по глубине данных всех видов ГИС в открытом и обсаженном стволе.

Используется для привязки геофизического материала к литологическому разрезу скважины, а также для определения обводненных интервалов по радиогеохимическому эффекту и при использовании метода закачки изотопов.

Естественной радиоактивностью называется самопроизвольный распад ядер некоторых химических элементов слагающих горные породы. Естественная радиоактивность складывается из способности горных пород испускать альфа-, бета- и гамма-излучение. Глубина проникновения альфа-излучения в горных породах составляет первые десятки микрон, бета-излучения - первые миллиметры, а гамма-излучения - от 30 до 40 см.

Используется для привязки геофизического материала к литологическому разрезу скважины, а также для определения обводненных интервалов по радиогеохимическому эффекту и при использовании метода закачки изотопов.

Движение радиоактивной оторочки по водоносному пласту вызывает изменение концентрации естественных радиоэлементов в пласте: с одной стороны, повышается концентрация радиоэлементов в пластовых водах, с другой – эти элементы адсорбируются на поверхности цементного кольца скважины. В результате участки водоносных пластов, в которых идет замещение пластовых вод водами нефтеносных пластов, отмечаются аномальным повышением естественной радиоактивности. В скважинах, обводняющихся вследствие заводнения пластов закачиваемой или пластовой водой, с заколонной циркуляцией и работающих практически без воды, часто наблюдается повышение радиоактивного излучения, достигая максимального значения в интервале контакта нефти с водой. Выявлено, что проявление радиогеохимического эффекта при разработке многопластовых нефтяных месторождений является одним из определяющих факторов обводненности продуктивных пластов.

В третьем разделе представлены результаты исследования. Результатом работы явилось выявление работающих интервалов, построение профиля притока, определение заколонных перетоков и источников обводнения при освоении скважины компрессором. Следует отметить, что при освоении компрессором можно проводить исследования на различных режимах работы, что позволяет собрать и получить больше информации о процессах, происходящих в скважине и в пласте.

Изначально продуктивность коллекторов воробьевского горизонта Учебного месторождения была выявлена на основании интерпретации детального комплекса ГИС открытого ствола и подтверждена в процессе вторичного вскрытия.

#### Скважина № 1

В 2006 году был вскрыт перфорацией горизонт D<sub>2</sub>vб в интервалах: 2258,0 – 2261,2 м, 2269,0 – 2273,0 м. Получен приток чистой нефти.

В 2008 году обводненность притока составила 70%. Были проведены исследования методами контроля за разработкой.

1. В зоне перфорации 2269, 0 -2273,2 м выделен как работающий интервал 2270,8 - 2273 м; в зоне перфорации 2258,0 – 22 61,2 м выделен как работающий интервал 2259,4 – 2261,2 м по следующим признакам кривых перетока:

- изменение температуры относительно геотермического распределения против перфорированного интервала,

- характерная аномалия на кривой термокондуктивной расходомерии.

2. При сопоставлении замеров на всех режимах работы скважины был выявлен интервал нарушения первоначального распределения температуры ниже перфорированного пласта в интервале 2273,0 – 2280,0 м.

Данный факт является признаком заколонного движения жидкости с глубины 2280,0 м в подошву интервала перфорации. По данным заключения ГИС открытого ствола на указанной глубине выделен пласт с водонасыщенной характеристикой.

3. По данным метода состава определен характер флюида – вода с незначительным содержанием нефти.

По итогам можно сделать выводы:

1. Работающими являются оба перфорированных интервала.

2. Подтверждается наличие продукции в верхнем интервале и наличие признаков продукции в нижнем интервале.

3. Источником обводнения путем заколонного перетока в зону перфорации является ниже лежащий водоносный горизонт.

На основании данных выводов были проведены изоляционные работы по устранению колонного перетока, что позволило уменьшить обводненность притока нефти до 5%. Эксплуатация пласта была продолжена во вскрытом интервале.

#### Скважина № 6

В январе 2007 года скважина обводнилась и прекратила фонтанирование. В процессе добычи месторождения углеводородов и в результате мониторинга геофизическими методами контроля эксплуатации

скважины был установлен приток. В связи с этим возникла необходимость оценить целесообразность дальнейшей эксплуатации данного горизонта, построив профиль притока и определить состав флюида.

Были проведены исследования различными методами контроля за разработкой месторождения. В том числе, проведен гамма-каротаж.

1. В интервале вскрытого перфорацией коллектора как работающие выделены интервалы 2272,4 — 2273,2 м и 2274,8 — 2275,4 м.

2. Из-за осложнения ствола скважины не были проведены детальные исследования ниже интервала перфорации, что не позволило оценить герметичность забоя и выявить наличие заколонных перетоков как источников обводнения. Косвенным подтверждением обводнения вскрытого коллектора является наличие радиогеохимического эффекта в интервале 2272,4 — 2276 м стало подтверждением обводнения вскрытого коллектора.

3. По данным метода состава определен характер поступающего флюида - пластовая вода.

По итогам исследования сделаны выводы о том, что:

1. Вскрытый перфорацией коллектор неоднородный, работает пластовой водой.

2. Вскрытый коллектор обводнен – по косвенному признаку.

3. Возможный источник обводнения лежит в заколонном перетоке с ниже лежащих водонасыщенных горизонтов, что не было исследовано из-за осложнения ствола скважины.

Для однозначного вывода об обводненности вскрытого коллектора необходимо провести промывку скважины, очистку забоя и повторение работ по определению наличия заколонных перетоков.

**Заключение.** Задачи, поставленные в работе, выполнены:

- в работе была рассмотрена геолого-геофизическая характеристика территории, дано литолого-стратиграфическое описание и структурная характеристика залежи;

- дана характеристика геофизических методов контроля за разработкой скважин;

- исследовано применение методов контроля за разработкой скважин на примере Учебного месторождения.

По итогам работы сделан вывод о том, что применение методов контроля за разработкой позволило достичь выявления работающих интервалов, построения профиля притока, определения заколонных перетоков и источников обводнения при освоении скважины компрессором.