

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

Кафедра геофизики

**«Применение расходомерии для оценки технического состояния
эксплуатационной колонны на примере Производственной площади
Самарской области»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направление 21.03.01 нефтегазовое дело
профиль «Геолого-геофизический сервис нефтегазовых скважин»
геологического ф-та
Устинова Владимира Владимировича

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. В течение всего периода эксплуатации скважины спущенная в нее обсадная колонна подвергается воздействию ряда факторов приводящих к смятию, образованию желобов на внутренней стенке колонны, коррозии или износу колонны. Это, как правило, приводит возникновению сквозных отверстий в колонне, через которые в ствол скважины может поступать флюид из других (неперфорированных) пластов коллекторов или могут появляться интервалы межпластовых перетоков, когда за счет наличия значительных перепадов пластовых давлений возникает переток флюида из одного коллектора в другой.

Наличие подобных дефектов в обсадной колонне недопустимо, так как может существенно сказываться не только на добычных характеристиках скважины, но и привести к возникновению, как техногенных, так и экологических аварий. Что влечет за собой не только потери в нефтедобычи, но и может потребовать значительных затрат на ликвидацию аварий.

В практике существует несколько способов определения мест негерметичности эксплуатационных колонн, самыми эффективными из которых являются геофизические методы.

Цель данной работы - проанализировать эффективность применения расходомерии при определении технического состояния эксплуатационной колонны на примере Производственной площади Самарской области.

Основными задачами являются: изучение геолого-геофизического материала по Производственному месторождению; исследование теоретических основ и методики расходомерии; обзор приборов расходомерии; анализ результатов применения расходомерии для оценки состояния эксплуатационной колонны.

В первом разделе дана геолого-геофизическая характеристика территории исследования. Представлены общие сведения о территории исследования. Производственное месторождение расположено на территории Сергиевского административного района Самарской области, в 70 км к

северо-востоку от областного центра г.Самара. Геологический разрез в пределах исследуемой территории представлен породами архейского кристаллического фундамента и осадочной толщей палеозойской, мезозойской и кайнозойской систем. Наиболее древними породами, вскрытыми в пределах рассматриваемой территории, являются гранито-гнейсы кристаллического фундамента. Поверхность фундамента пронизана серией разрывных нарушений и ступенеобразно погружается в юго-восточном направлении. В соответствии с общепринятой схемой нефтегеологического районирования район работ находится на территории Бузулукской нефтеносной области. Бузулукская нефтеносная область соответствует Бузулукской впадине. В отложениях палеозоя выделяют семь продуктивных литолого-стратиграфических комплексов пород, в кровле каждого из которых залегают плохо проницаемые породы, играющие роль покрышек - глинистые, глинисто— карбонатные или ангидритово-галогенные породы.

Второй раздел содержит исследование теоретических основ фильтрационного каротажа в части расходомерии. Физическая сущность метода состоит в том, что при вскрытии проницаемого пласта ввиду разности забойного и пластового давлений происходит фильтрация бурового раствора в пласт или поступление в скважину пластового флюида, вследствие чего изменяется объем циркулирующей промывочной жидкости и расход ее на выходе из скважины. Под расходом понимается физическая величина, равная пределу отношения приращения массы или объема, или количества жидкости, протекающих в трубопроводе через сечение, перпендикулярное направлению скорости потока, к интервалу времени, за который это приращение произошло, при неограниченном уменьшении интервала времени. Обозначается расход буквой Q и, соответственно,

$Q_{вх}$ – расход жидкости, нагнетаемой в скважину;

$Q_{вых}$ – расход жидкости, выходящей из скважины.

Расходомер - измерительный прибор или совокупность приборов, предназначенных для измерения расхода. Соответственно, расходомеры могут быть для жидкости или газа и измерять либо массовый, либо объемный, либо количественный расходы. Датчик расхода - средство измерений расхода, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не поддающийся непосредственному восприятию наблюдателя. Под счетчиком жидкости подразумевается измерительный прибор, предназначенный для измерения соответственно: либо объема, либо массы, либо количества жидкости и газа, протекающей в трубопроводе через сечение, перпендикулярное направлению потока.

Для проведения расходомерии в скважине измеряется и сравнивается количество бурового раствора, нагнетаемого в скважину $Q_{вх}$ и выходящего из скважины $Q_{вых}$, или измеряется объем бурового раствора в приемных емкостях. Ограничения в применении метода связаны со сложностью учета потерь раствора в циркуляционной системе на поверхности, то есть возможной утечки в желобной системе, потери на выбросите и т.д.

Третий раздел содержит описание методики расходомерии. Расходомерия заключается в измерении скорости перемещения жидкости в колонне скважины спускаемыми в нее на каротажном кабеле приборами, получившими название расходомеров. Различают две модификации: дебитометрическую, основанную на регистрации разности дебитов промывочной жидкости, нагнетаемой в скважину и изливающейся из нее, и расходометрическую, основанную на выявлении коллекторов по снижению или повышению уровня промывочной жидкости в приемных емкостях. Расходомерами измеряют расходы воды, нагнетаемой в скважину, дебитомерами — притоки нефти, газа и их смеси с водой.

Расходомерия является одним из основных методов исследования динамики отбора и поглощения жидкости в добывающих и нагнетательных

скважинах. Методы расходомерии позволяют выделить интервал притока или поглощения жидкости в действующих скважинах, выявить наличие перетока жидкости по стволу скважины, определить суммарный дебит (расход) жидкости отдельных пластов, построить профиль притока (приемистости) как по отдельным участкам пласта, так и для пласта в целом и провести разделение добычи жидкости из совместно эксплуатируемых пластов. Расходомерия ставится в технологических и наблюдательных скважинах для оценки фильтрационных свойств проницаемых зон в условиях заданных режимов в пределах рудовмещающего горизонта. Измерения производятся при установившемся гидродинамическом уровне на стадии возбуждения скважин в период откачки, нагнетания, наливов при двух-трех ступенях положения раствора. Необходимость дальнейшей детализации с шагом менее 1-2 м устанавливается из анализа графиков измерения расхода жидкости от глубины скважины. Перед производством расходомерии очищают стенки скважины и рабочей части фильтра от шлама и глинистого раствора. С помощью расходомерии также определяются нарушения герметичности эксплуатационных и обсадных колонн, в том числе их место и количество, а также утечки растворов через образовавшиеся отверстия.

Механическая расходомерия позволяет устанавливать количество поглощаемой жидкости по пластам или их частям (интервалам), оценивать полноту участия пластов в заводнении. Механическая дебитомерия - расходомерия производится с помощью глубинных приборов с датчиком турбинного типа - свободно вращающейся вертушкой. Частота вращения вертушки пропорциональна объемному расходу жидкости. Меньшее применение получили приборы с датчиками других типов - поплавковыми, дисковыми и др. Результаты исследования механическими дебитомерами представляются в табличном и графическом видах. Таблица содержит сведения о глубине R каждой точки измерения и дебите жидкости q в каждой точке.

Термокондуктивная дебитомерия - расходомерия основана на

зависимости температуры подогреваемого термодатчика от скорости потока. Термодатчиком в приборах служит резистор, нагреваемый током до температуры выше температуры окружающей среды. К сожалению, на показания датчика влияет не только скорость потока, но и ряд других, трудно учитываемых факторов. Поэтому диаграммы термокондуктивных расходомеров используются главным образом для качественной интерпретации - выделения работающих и неработающих пластов, но не для получения количественных сведений о дебитах отдельных интервалов.

Четвертый раздел посвящен исследованию аппаратуры расходомерии. Различают гидродинамические и термокондуктивные расходомеры.

Измерительным элементом гидродинамического расходомера является турбинка с лопастями, расположенная в канале так, что через нее проходит поток жидкости, заставляющий ее вращаться. При вращении турбинка приводит в действие магнитный прерыватель тока, по показаниям которого определяют частоту ее вращения. Чем выше дебит, тем быстрее вращается турбинка и тем больше импульсов в единицу времени поступит в измерительный канал. Частота импульсов преобразуется блоком частотомера в пропорциональную ей величину напряжения и по линии связи поступает на поверхность, где фиксируется регистрирующим прибором.

Применяют пакерные, с управляемым пакером и беспакерные приборы. Пакерный прибор дает возможность измерять весь приток жидкости в эксплуатационной колонне нагнетательной скважины диаметром 146--168 мм. Спуск беспакерного прибора или с управляемым пакером возможен также при наличии в колонне насосно-компрессорных труб диаметром 50,8--63,5 мм. Для градуирования расходомеров каждый комплект глубинных приборов снабжается градуировочной характеристикой-- зависимостью показаний прибора n (об/мин) от расхода жидкости ($m^3/сут$).

Гидродинамический расходомер опускается в скважину до кровли

верхнего перфорированного интервала, и при открытом пакере регистрируются показания калибратора, нулевые линии и показания суммарного дебита. Затем при закрытом пакере прибор опускается на забой. Запись диаграммы производится непрерывно при подъеме прибора с прикрытым пакером до воронки насосно-компрессорных труб со скоростью 60--80 м/ч в масштабе глубин 1:200. На участках кривой с резкими изменениями дебита производят точечные измерения через 0,4 м, на участках кривой с малыми изменениями дебита -- через 1--2 м. Определения выполняют с полностью открытым пакером. По непрерывным измерениям диаграмм расходомерии качественно оценивают места притока (приемистости), а также выявляют нарушения герметичности колонны в неперфорированных интервалах. По данным точечных измерений, проводимых последовательно и равномерно в заданных точках, дается количественная оценка распределения расхода жидкости по пластам и строится интегральная расходограмма. Полученная кривая показывает количество жидкости, проходящей через сечение скважины на различных глубинах.

Интегральная кривая характеризует суммарный дебит всех пластов, расположенных ниже данной глубины. В интервалах притока на такой кривой наблюдается рост показаний, а в интервалах поглощения -- их уменьшение. Интегральная расходограмма служит для построения дифференциальной зависимости, характеризующей интенсивность притока или поглощения на единицу мощности пласта. Из анализа расходограмм следует, что не все проницаемые прослойки, выделяемые в разрезе по геолого-геофизическим данным, работают. Отсутствие поступления нефти из пласта в скважину возможно из-за малой проницаемости и градиента перепада давления в пласте, загрязнения прискважинной зоны, неполноценной перфорации колонны и др.

Основным преимуществом гидродинамических расходомеров является

сравнительно небольшое влияние состава флюида на результаты измерений и возможность количественной оценки притока жидкости из интервала перфорации. Недостатки их следующие: низкая чувствительность к малым дебитам (1-- 5 м³/сут), частые отказы из-за наличия в жидкости механических примесей (песка, глинистых частиц).

Термокондуктивные расходомеры с термодинамическим датчиком основаны на зависимости степени охлаждения нагреваемого сопротивления, помещенного в поток, от средней линейной скорости потока. Они предназначены для исследования фонтанирующих скважин через насосно-компрессорные трубы и глубинно-насосных скважин через межтрубное пространство.

Измерительная установка термокондуктивного расходомера состоит из помещенной в поток непрерывно подогреваемой электрическим током спирали и скважинного термометра для измерения ее температуры. Место притока флюида в скважину отмечается уменьшением температуры. Термокондуктивные расходомеры, достаточно чувствительные к притокам с малым дебитом, надежны в эксплуатации и нечувствительны к выносу песка потоком жидкости. Однако с помощью этих расходомеров нельзя проводить количественные оценки интенсивности потока при неоднородных жидкостях. Профиль притока можно получить только при однокомпонентной жидкости.

Расходограммы, полученные такими приборами, имеют более сложную форму, чем расходограмма, полученная гидродинамическим расходомером. По разнице между показаниями против нижнего и верхнего интервалов, непосредственно после минимума количественно определяют, используя градуировочную кривую, дебит однокомпонентной жидкости, текущей по стволу скважины. Если в скважине течет многофазная смесь, то из-за чувствительности показаний к характеру флюида интервалы притока

выделяются без количественного определения их дебитов, лишь качественно. Используя чувствительность термокондуктивных расходомеров к характеру флюида, по комплексу расходограмм, полученных гидродинамическим и термокондуктивным приборами, можно судить о составе жидкости. В действующих скважинах в зависимости от решаемых задач и конкретных геолого-технических условий применяют тот или иной тип расходомера или совместно.

Анализируя спектр расходомеров и дебитомеров, используемых в настоящий момент при строительстве и начальной разработке скважин в России, можно отметить следующие их особенности и характеристики, которые также требуют усовершенствования:

- у всех существующих современных расходомеров погрешность измерения находится на уровне 4%, необходимо добиться погрешности в 3% и менее;

- соотношение между максимальным и минимальным измеряемыми дебитами может быть расширено;

- сфера разработки и применения пакерных расходомеров развита уже в достаточной степени, без потенциальных возможностей дальнейшего развития;

- для беспакерных расходомеров есть перспективы развития;

- расходы от 1 до 5 м³/сут не способны стабильно обеспечивать даже расходомеры пакерные. В этой связи можно подчеркнуть актуальность изобретения беспакерного расходомера для измерений небольших величин дебита;

- отсутствуют перекрывающие беспакерные расходомеры, с помощью которых можно было бы работать в условиях между трубами, т.е. с диаметром в транспортном состоянии менее 32 мм.

Пятый раздел содержит анализ результатов работ. На скважине № 1 Производственного месторождения были проведены геофизические исследования, в том числе методом расходомерии, для оценки технического состояния эксплуатационной колонны.

Исследование проводилось по всей длине эксплуатационной колонны с использованием комплексной скважинной аппаратуры контроля разработки нефтяных месторождений и технического состояния скважин КСП – 16 М2-38-120/60 в составе с каротажной станцией и геофизическим подъемником, предназначенным для геолого-технологического контроля состояния скважин и контроля разработки месторождений.

Аппаратура выдает информацию по 16 каналам о различных параметрах, в том числе о параметрах расходомерии.

Собственно расходомер ГРАНАТ-Р предназначен для исследования профилей отдачи и поглощения в эксплуатационных скважинах с колоннами 5-6 дюймов. Малый диаметр расходомера позволяет осуществлять спуск прибора через насосно-компрессорные трубы проведения. Рабочая среда – нефть, вода, вода пластовая, растворенный газ и их смеси. При наличии свободного газа погрешность не нормируется.

На скважине были проведены работы для определения технического состояния колонны методом расходомерии.

Конструкция скважины включала долото диаметром – 216 мм в колонне диаметром 146 мм. Был использован термокондуктивный расходомер Тн - 27.6 Тк. -27.2.

По итогам исследования было определено давление 20 атмосфер, расход жидкости за 1 час – 10 м³.

Наблюдался выход жидкости из-за колонны, то есть при давлении 20 атм в интервале 977м-978м выявлено нарушение технического состояния эксплуатационной колонны.

Таким образом проведенные исследования дали информацию по дальнейшей эксплуатации скважины. Кроме того определены рекомендации по

устранению нарушения и по проверке качества изоляционных работ .

Заключение. В работе для достижения цели были рассмотрены общие сведения, геологическое строение, нефтегазоносность Производственного месторождения, скважинные приборы для проведения расходомерии, их устройство, работа, метрологические характеристики. Кратко приведены теоретические основы физико-геологических процессов, происходящих при фильтрации бурового раствора в пласт или поступление в скважину пластового флюида .

В результатах работы показано на примере скважины № 1, каким образом используется метод расходомерии для оценки технического состояния эксплуатационной колонны. Проведенные исследования дали информацию о выходе жидкости из-за колонны, о нарушении колонны.

По итогам работы сделаны выводы, что информация о техническом состоянии скважины необходима для получения достоверных сведений о результатах опробования продуктивных пластов и надежного контроля разработки залежей углеводородного сырья. В связи с этим большое значение имеет применение эффективных методов контроля за состоянием скважины, одним из которых является расходомерия как основа фильтрационного каротажа.