

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

Кафедра геофизики

**«Обязательный комплекс ГИС по оценке технического
состояния скважин Песчано-Уметского ПХГ»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 431 группы
направление 21.03.01 нефтегазовое дело
профиль «геолого-геофизический сервис нефтегазовых скважин»
геологического факультета
Гаппарова Тойджана

Научный руководитель

к. г.-м.н., доцент

Б. А. Головин

подпись, дата

Зав. кафедрой

к. г.- м.н., доцент

Е. Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2022

Введение на территории Саратовской области расположен целый ряд старейших природных хранилищ газа (ПХГ). При этом значительное количество скважин имеют большой срок эксплуатации, так, например, из скважин эксплуатационного и наблюдательного фонда половина скважин эксплуатируется более 25 лет.

Наличие знакопеременных нагрузок при закачке и отборе газа и естественное «старение» цементного камня, износ колонны и муфтовых соединений, являются факторами риска, способствующими возникновению негерметичности эксплуатационных скважин, что делает актуальной тему выпускной квалификационной работы.

Объектом исследования данной работы является Песчано-Уметское ПХГ(ПУПХГ) по причине его длительной эксплуатации, в 2–3 раза превышающей обычные сроки разработки газовых месторождений.

Целью выпускной квалификационной работы является обнаружение негерметичности обсадных колонн и загазованности в скважине ПУПХГ методами ГИС. Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- изучено геологическое строение Песчано-Уметского ПХГ;
- изучены теоретические основы методов комплекса ГИС проводимого в скважинах ПУПХГ;
- выявлено нарушение герметичности обсадных колонн и муфтовых соединений по данным термометрии на примере скважины №125 ПУПХГ;
- выявлены интервалы загазованности приустьевой зоны в исследуемой СКВ №125 ПУПХГ.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех разделов (Раздел 1 Геолого-геофизическая характеристика района работ, Раздел 2 Методика исследования; Раздел 3 Результаты работ), заключения, списка используемых источников и двух приложений.

Основное содержание работы.

Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика района работ» содержит четыре подраздела.

Подраздел 1.1 «Физико-географическое и административное положение Песчано - Уметского ПХГ». Площадь Песчано – Уметского ПХГ расположена в пределах Приволжской возвышенности, на водоразделе между реками Волгой и Доном. Песчаное – Уметское подземное хранилище газа (далее ПУ ПХГ) расположено в 35 км. К западу от г. Саратова, на территории Татищевского и Саратовского районов Саратовской области. Ближайшими населенными пунктами являются пос. Красный Октябрь, пос. Песчаный Умет, Золовка, деревня Верхний Курдюм. В орографическом отношении площадь ПУПХГ приурочена к Приволжской возвышенности, представленной в пределах площади возвышенным плато, разделяющимся Волга – Донским водоразделом на 2 неравные части: более обширную – юго-западную и меньшую – северо-восточную. Рельеф более обширной юго-западной части площади характеризуется пологими и сглаженными формами. Наибольшие отметки рельефа достигают +300м. у пос. Песчаный Умет, минимальные – в долине балок и оврагов. Северо-восточная часть площади относится к бассейну р. Курдюм и имеет общий уклон с юго-запада на северо-восток. Для нее характерна большая расчлененность пологими увалами, переходящими в крутые склоны балок. Наиболее возвышенные участки достигают отметок 240м.

Подраздел 1.2 «Литолого-стратиграфическое характеристика разреза». В геологическом строении ПУ ПХГ принимают участие отложения девонской и каменноугольной систем палеозойской группы,

юрской и меловой систем мезозойской группы, палеогеновой и четвертичной (четвертичной) систем кайнозойской группы. При этом отложения девонской системы изучены недостаточно, так как вскрыты лишь в ограниченном количестве скважин. Учитывая, что ПУПХГ создано в пластах, приуроченных к киселёвскому, бобриковому и тульскому горизонтам, и недостаточную изученность отложений девона, стратиграфическое описание разреза и сводные геолого-геоэлектрический и литолого-стратиграфические разрезы приводятся, начиная с отложений каменноугольной системы (успенский горизонт). Каменноугольная система представлена отложениями тунисского, вяземского и серпуховского ярусов нижнего отдела, а также башкирского и московского ярусов среднего отдела. Разрез сложен, в основном, известняками и доломитами с редкими прослоями глин. В нижних частях разреза бобрикового и тульского горизонтов вяземского яруса, верхней части башкирского яруса и варайского горизонта московского яруса, залегают песчаники, переслаивающиеся с глинами и алевролитами. Мощность каменноугольных отложений изменяется от 878.0 до 1005.0м.

Подраздел 1.3 «Тектоника». В современном тектоническом плане Песчано-Уметское месторождение расположено в пределах Рязно-Саратовского прогиба, на Елшано-Сергиевском валу. С юга оно ограничено флексурой амплитудой около 300.0 метров. Формирование авлакогена характеризовалось образованием узких дизъюнктивных блоков (горстов, грабенов) северо-западного простирания, при этом в позднепротерозойское время, возможно, произошла инверсия тектонических движений. В до девонского времени, в результате глубокой эрозии и нивелирования на поверхность пред девонским срезом выходят разновозрастные породы архей – протерозоя. Рязани – Саратовский прогиб формировался как палеозойская структура, унаследовано развивающаяся над Пачелмским авлакогеном. Девонский период унаследовал структуру протерозойских блоков: над горстами формируются своды, валы,

приподнятые зоны (Аткарский, Карамышский), а над грабенами – прогибы и впадины (Волжский, Елшанкой-Сергиевский). В конце франкского века территория испытывает интенсивные структура-формирующие движения, сопровождающиеся разрывами. Помимо унаследованных «пачелмских» направлений сбросов, которые реализованы по древним плоскостям разрывов (Елани – Сергиевский), как показано на рисунке 3, образовались.

Подраздел 1.4 «Нефтегазоносность». В результате разведочного бурения, проводившегося в течение 1945г, на Песчаное – Уметской структуре были выявлены: газовая залежь в отложениях Черемшана – Прикумского горизонта. В 1947 году в отложениях тульского, бобриковского и киселёвского горизонтов карбона, а также в 1951 году – нефтяная залежь в каневское (туманно) – пажеских отложениях девона. В 1955г была выявлена газовая залежь в отложениях III пласта окского надгоризонта (алексинский горизонт), а в 1970г в процессе бурения скважины 100 – газовая залежь (вторичного происхождения) в отложениях Маковского горизонта. Эксплуатационное бурение на площади было начато в 1946г (скважина 12 на Черемшана – Прикумский горизонт). Всего с целью разведки и эксплуатации выявленных залежей было пробурено 80 скважин, из которых 31 скважина была ликвидирована по геологическим и техническим причинам.

Промышленная разработка Песчано – Уметского месторождения начата в сентябре 1946 года вводом в эксплуатацию газовой залежи черемшано – прикамского горизонта. Со второй половины 1948 года в пробную эксплуатацию на нефть и газ была введена газонефтяная залежь бобриковско – кизеловского горизонта, а в 1949 году залежь тульского горизонта. Промышленная эксплуатация этих залежей была начата в 1951 – 1953гг. С 1966 года как тульская, так и бобриковско – кизеловская залежи практически были закончены разработкой на нефть и на газ. Газовая залежь черемшано – прикамского горизонта так же выработана, как и нефтяная залежь пласта D3-I.

Раздел 2 «Методика исследования» содержит шесть подразделов.

Подраздел 2.1 «Характеристика методов комплекса ГИС, используемого на Песчано-Уметского ПХГ». На Песчано-Уметском ПХГ в открытом стволе выполнялся комплекс электрического каротажа метод кажущегося сопротивления (КС), метод самопроизвольной поляризации (ПС) и методы радиоактивного каротажа гамма-каротаж (ГК) и нейтронный гамма-каротаж (НГК). В обсаженном стволе исследуемой скважины Песчано-Уметского ПХГ были проведены следующие методы: высокочувствительная термометрия, магнито-импульсная дефектоскопия. Дадим краткую характеристику применяемых методов.

Подраздел 2.2.1 «Метод кажущегося сопротивления». Каротаж сопротивления (КС) предназначен для изучения удельного электрического сопротивления (УЭС) горных пород, пройденных скважиной. Для замера сопротивления пород, пересеченных скважиной, применяется 4-х электродная установка АМNB – каротажный зонд. Зонд КС состоит из нескольких свинцовых электродов, закрепленных на отрезке шлангового каротажного кабеля. Три электрода (N, M, A) или (M, A, B) присоединяются к концам кабеля и пускаются в скважину, четвертый электрод B или N устанавливается на поверхности, вблизи устья скважины.

Подраздел 2.2.2 «Метод самопроизвольной поляризации». Естественное поле, возникающее в скважине и около нее, называют самопроизвольной поляризацией и сокращенно обозначают ПС. Зондом для измерения собственных потенциалов служат свинцовые приемные электроды M и N. Работы в методе ПС чаще выполняются способом потенциала, то есть установкой, состоящей из одного неподвижного приемного электрода N, заземленного вблизи устья скважины, и второго электрода M, перемещаемого по скважине. В результате электрохимической активности горных пород, находящихся в условиях естественного залегания, возникает естественное электрическое поле.

Подраздел 2.2.3 «Гамма-каротаж». Гамма–каротаж выполняют во всех без исключения не обсаженных и обсаженных скважинах, заполненных любой промывочной жидкостью или газом. Радиоактивный каротаж, основанный на измерении естественной гамма-активности горных пород, называется гамма-каротажем (ГК). В ГК изучается интенсивность естественного гамма-излучения пород вдоль ствола скважины (Γ^γ – интенсивность гамма-излучения). Регистрируем зависимость $\Gamma^\gamma = f(H)$. Естественная радиоактивность горных пород обозначается буквой q^γ . Измеряется q^γ в грамм-эквивалент Ra (радия) / грамм-пород (г-эка Ra / г), либо Р/ч (рентген в час). Радиоактивность горных пород обусловлена присутствием в них радиоактивных элементов U (урана), Ra (радия), Th (тория), радиоактивного изотопа ^{40}K . Все эти радиоактивные элементы находятся в осадочных породах в рассеянном состоянии.

Подраздел 2.2.4 «Нейтронный гамма-каротаж». Нейтронный каротаж применяются в не обсаженных и обсаженных скважинах и используется для решения следующих задач:

- с целью литологического расчленения разрезов;
- определения положения текущего газонефтяного контакта (ГНК), интервалов прорыва газа, перетока и разгазирования нефти в пласте, оценке газонасыщенности;
- определения коэффициента пористости пластов;
 - определения положения водонефтяного контакта ВНК в скважинах с высокой минерализацией пластовых вод.

Нейтронный гамма- каротаж (НГК) основан на измерении интенсивности гамма-излучения радиационного захвата, возникающего в результате облучения горной породы потоком быстрых нейтронов. Нейтронные методы делятся на две группы стационарные нейтронные методы (СНМ) и импульсные нейтронные методы (ИНМ). В стационарные нейтронные методы (СНМ) входит нейтронный гамма-каротаж (НГК), нейтронный метод по тепловым нейтронам (НМ-Т) и нейтронный метод

по над тепловым нейтронам (НМ-НТ). При нейтронном каротаже изучается эффект взаимодействия потока нейтронов, посылаемых излучателями с ядрами элементов горных пород. Нейтрон 1_0n – нейтрон – это частица с массовым числом = 1, а заряд его = 0. Нейтрон не имеет электрического заряда, не ионизирует среду, имеет большую проникающую способность, единственный фактор, влияющий на движение нейтронов, является их столкновение с ядрами атомов.

Подраздел 2.2.5 «Метод высокочувствительной термометрии».

Термические методы исследования разрезов скважин, объединяющиеся под названием, термометрия скважин, основаны на изучении распространения в скважинах и окружающих их горных породах естественных и искусственных тепловых полей. Термометрия скважин включает метод изучения естественного теплового поля и метод изучения искусственных тепловых полей. Распределение естественной температуры пород по глубине характеризуется геотермий – температурной кривой, записанной в простаивающей скважине, удаленной от мест закачки и отбора флюида. Геотерма принимается за базисную температурную кривую. Сопоставление термограмм скважин с геотермий позволяет по расхождению между ними выделять интервалы нарушения теплового равновесия, вызванного процессами, происходящими в пласте и стволе скважины, и по характерным отличиям судить о причине нарушения теплового равновесия. При отсутствии геотермий по данной скважине используется типовая геотерма для данного месторождения.

Подраздел 2.2.6 «Магнито - импульсная дефектоскопия». Магнито - импульсная дефектоскопия (МИД) скважин является одним из наиболее перспективных методов контроля технического состояния обсадных колонн скважин. Метод магнитно-импульсной дефектоскопии основан на изучении вихревого электромагнитного поля, возбуждаемого генераторной катушкой, которая помещена внутрь системы обсадных колонн и насосно-компрессорных труб. Характеристики этого поля существенно зависят от

толщины стенок труб, диаметра труб, электромагнитных свойств (удельная электрическая проводимость и магнитная проницаемость) материала, из которого изготовлены трубы, а также от конструкции применяемого зонда в скважинном приборе. Временное разделение сигналов позволяет производить зондирование многоколонных конструкций. Это осуществляется выбором длительности электромагнитного импульса и паузы, во время которой регистрируют информацию, и конструкции зондовой установки. Характер переходных процессов в колонне определяется толщиной стенок (m), диаметром колонны (d), удельной электрической проводимостью (σ) и магнитной проницаемостью металла (μ). Чем больше произведение $\mu \cdot \sigma \cdot m$, тем медленнее затухают вихревые токи, возникшие в трубах при изменении возбуждающего магнитного поля. В свою очередь, μ и σ могут зависеть не только от заводской технологии, но и от степени коррозии труб. Отмечаются случаи, когда при одинаковой толщине труб при различных μ и σ длительность процессов отличается.

Раздел 3 «Результаты работ». В соответствии с задачей исследования, определения не герметичности обсадных колонн и муфтовых соединений в скважины №125 ПУПХГ, были использованы метод термометрии и дефектоскопии. Методы электрического каротажа и радиоактивного каротажа использовались в качестве привязки исследуемого пласта.

Интервалы перфорации на глубине 1102– 1107 и 1112–1116 м, приуроченные к продуктивным песчаникам тульского возраста, четко отбиваются по данным дефектоскопии. На диаграмме термометрии в перфорированных пластах изменений температуры не наблюдается, что говорит о хорошей изоляции исследуемого пласта.

Привязка к продуктивным песчаникам тульского возраста проводилась по диаграммам ГИС, выполненным в открытом стволе скважины.

На Песчано-Уметском ПХГ в открытом стволе выполнялся комплекс электрического каротажа метод кажущегося сопротивления (КС), метод самопроизвольной поляризации (ПС) и методы радиоактивного каротажа

гамма-каротаж (ГК) и нейтронный гамма-каротаж (НГК). По данным ПС и ГК выделенные интервалы отмечаются пониженными значениями регистрируемых параметров ($\Delta U=50$ мВ, $I_{\gamma}=10$ мкР/ч), что свидетельствует о низкой глинистости, а высокие значения YUR ($I_{n\gamma}=2.4$ у.е.) об их газ насыщенности.

По данным термометрии в интервале глубин 1124–1138 м отмечается дроссельный эффект, приуроченный к башмаку эксплуатационные колонны, что является признаком не герметичности обсадной колонны. Значения температуры уменьшаются с 32,5 до 31.6 градусов.

Заключение. Таким образом, в результате выполненных исследований было показано эффективное применение комплекса методов ГИС для выявления мест негерметичности эксплуатационных колонн и мест загазованности пород в скважинах Песчано-Уметского ПХГ. К этим методам относятся: термометрия, дефектоскопия, методы радиоактивного каротажа (ГК, НГК).

В исследуемой скважине № 125 выделены три работающих интервала на глубине 1124–1138 м и на глубине 1102–1107 и 1112–1116 м, приуроченные к продуктивным песчаникам тульского возраста. Определена загазованность пород приустьевой зоны скважины №125 Песчано-Уметского ПХГ.

Результаты выполненных работ показали, что для более полной и точной информативной картины, по надежной оценке, технического состояния скважин ПХГ необходимо комплексное использование методов ГИС.