

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

Кафедра геофизики

**Причины аварий при проведении ГИС и меры их предотвращения (на примере
Славнухинского месторождения)
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 5-ого курса 532 группы
направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль подготовки «Геолого-геофизический сервис»
геологического факультета
Трунева Максима Сергеевича

Научный руководитель
д.г.-м.н., профессор

подпись, дата

В.А. Огаджанов

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2024

Введение. На ранних этапах геологоразведочных работ, особенно в новых районах, вдали от разведанных месторождений, о породах известно очень мало информации. Если геологоразведочная компания располагает бюджетом на бурение нескольких скважин и проведение аэрофотосъемки или наземных геофизических исследований, она может повысить ценность проекта, также собирая внутрискважинные геофизические данные.

Геофизические исследования предоставляют информацию о физических свойствах горных пород, таких как их плотность, магнитные свойства или электропроводность. Геологоразведчики проводят геофизические исследования с воздуха, используя самолет или вертолет, или с земли, используя множество датчиков и транспортных средств на суше, или спуская геофизические зонды в буровую скважину.

Скважинные геофизические исследования измеряют физические свойства горных пород вдоль скважины. Геофизики используют скважины для отбора керна или шлама, для составления разреза залегания горных пород в скважине и отправляют образцы для геохимического анализа.

Чтобы извлечь максимальную пользу из программы бурения, лучше всего также провести геофизическую разведку скважины для измерения физических свойств горных пород на месте. Обычно это возможно только во время бурения, до того, как скважина будет закончена обсаживанием ствола.

Большинство скважинных геофизических исследований включают в себя спуск длинного тонкого зонда, прикрепленного к кабелю по стволу скважины. Каждый зонд обычно содержит источник энергии или передатчик и регистрирующий датчик.

Система эксплуатируется геофизическим подрядчиком, и процедура требует сотрудничества со стороны операторов бурения, поскольку часть бурового оборудования обычно остается в скважине, чтобы поддерживать ее открытой. Это увеличивает расходы на проведение скважинных исследований, вот почему они обычно используются не на каждой скважине.

В большинстве случаев зонд отправляет информацию на поверхность в режиме реального времени либо по беспроводной сети, либо по кабелю. Может быть подключена цепочка различных зондов для сбора более чем одного типа геофизической информации.

Целью работы является анализ аварийности ГИС на скважинах Сплавнухинского месторождения (Саратовская область).

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

- 1) проанализировать геологическое строение месторождения, выделить продуктивные пласты;
- 2) изучить состояние работ скважинной геофизики на текущий момент;
- 3) привести методику геофизических работ;
- 4) проанализировать аварийность ГИС на скважинах и разработать мероприятия по ее снижению.

Выпускная квалификационная работа составлена по геологическому отчету месторождения, нефтяной геофизической литературе, статьям зарубежных коллег.

Предметом исследования являются скважины Сплавнухинского месторождения.

Практическая значимость результатов – снижение аварийности, как следствие экономия средств и времени на строительство скважин.

Личным вкладом в исследование является анализ проведенных ГИС на месторождении, корреляция данных, создание каркаса действий для дальнейшего его внедрения.

Работа состоит из следующих разделов:

Введение

1 Геолого-геофизическая характеристика района работ

1.1 Общие сведения о районе работ

1.2 Литолого-стратиграфическая характеристика

1.3 Тектоника

- 1.4 Нефтегазоносность
- 2 Методика работ
 - 2.1 Отбор и исследования керна
 - 2.2 Геофизические исследования скважин в процессе бурения
 - 2.3 Обоснование выбора эксплуатационных объектов
 - 2.4 Объем промысловых ГИС
 - 2.5 Принцип нейтронного каротажа
 - 2.6 Применение нейтронного-гамма каротажа
 - 2.7 Работа с зондом
 - 2.8 Расшифровка журнала показаний
 - 2.9 Калибровка
 - 2.10 Измеряемые параметры
 - 2.11 Использование нейтронного каротажа

3 Результаты

Заключение

Список использованных источников

Основное содержание работы. Сплавнухинское нефтяное месторождение расположено на правом берегу р. Волги, в Красноармейском районе Саратовской области, в 57 км к юго-западу от г. Саратова.

В геологическом строении Сплавнухинского месторождения принимают участие архейские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения.

В результате размывов в разрезе полностью отсутствуют отложения протерозойской группы нижнего и частично среднего девона. Не всеми стратиграфическими подразделениями представлены отложения нижнекаменноугольной, пермской, юрской и верхнемеловой систем. Разрез вскрыт на максимальную глубину 3811 м.

Наиболее древними отложениями являются породы архейского возраста, которые сложены гранитами светлыми, крупнокристаллическими, кварцево-полевошпатовыми, пиритизированными и гнейсами полосчатыми. Вскрытая толщина 17-24 м.

В тектоническом отношении Сплавнухинское месторождение расположено в пределах Иловлинско–Родниковских дислокаций и приурочено к древнему

Некрасовскому выступу фундамента (валу). Иловлинско–Родниковские дислокации отделяют Карамышскую депрессию от Каменско–Золотовской зоны поднятий.

Сплавнухинская структура представляет собой обширный приподнятый блок, ограниченный с трех сторон тектоническими нарушениями с амплитудой сброса 10-20 м.

По отражающему горизонту D2ar структура представляет форму структурного носа, вытянутого в юго-восточном направлении.

Промышленная нефтеносность на месторождении установлена в ардатовских отложениях среднедевонского возраста. В разрезе ардатовского горизонта выделяется два песчаных пласта (IVa и IVб), отделяющиеся друг от друга пачкой плотных аргиллитов толщиной до 22 м.

Нефтяной газ имеет плотность в стандартных условиях $0,799 \text{ кг/м}^3$, плотность относительно воздуха $0,663$. Газ метановый, содержит 79,99% метана, 6,68% этана, 2,24% пропана, 10,25% азота, 0,078% гелия, сероводород отсутствует. Молекулярная масса газа 19,14. Низшая теплотворная способность нефтяного газа $33,5 \text{ МДж/м}^3$.

В целом по месторождению с отбором керна пройдено 1848,1 м, что составляет 1,9% от объема бурения на месторождении. Вынос керна по разрезу составил 496,2 м или в среднем 26,9%.

Освещенность керном продуктивной части пластов слабая. По продуктивным отложениям ардатовского горизонта с отбором керна пройдено 72,4 м.

Комплекс ГИС, применявшийся на месторождении, включает: стандартный электрический каротаж (СК) с записью кривой потенциалов собственной поляризации (СП); боковой каротаж (БК), микрозондирование (МЗ), индукционный каротаж (ИК), радиоактивный каротаж (РК), в который

входят ГК и НГК, в отдельных скважинах был проведен акустический каротаж (АК). Контроль за техническим состоянием скважин осуществлялся методами кавернометрии, инклинометрии и термометрии.

На Сплавнухинском месторождении выделено три тектонически изолированных друг от друга блока. Каждый блок характеризуется своими начальными пластовыми давлениями, величинами газосодержания нефти, а также величинами давлений насыщения нефти газом.

Залежи нефти каждого из этих трех блоков месторождения в настоящем проекте рассматриваются как самостоятельные эксплуатационные объекты, что необходимо для обеспечения контроля за динамикой отбора, пластового давления и выработки запасов нефти по каждой залежи.

Объем промыслово-геофизических исследований при бурении скважины определяется рабочим проектом на её строительство. В соответствии с принятой конструкцией перед спуском обсадных колонн должны проводиться геофизические работы, включающие спуск приборов на кабеле ПС, КС, БКЗ, ННК, ИК, МК, ГК-С, АК, ГГК, инклинометрия, профилометрия, термометрия, толщинометрия с записью показаний в масштабе 1:500 и 1:200.

После спуска и цементирования колонны, при необходимости перфорации и оценки её технического состояния, производится спуск приборов АКЦ, ОЦК, СГДТ, ЛМ, ФКД, МИД-КС.

Интервалы и объемы геофизических исследований корректируются геологической службой Заказчика с учетом фактического разреза скважины.

Геологическая служба Заказчика определяет необходимость проведения ИПТ в открытом стволе и корректирует объемы испытания в процессе бурения скважины в соответствие с фактическим разрезом и рекомендациями рабочего проекта на их строительство. При обводненности продуктивного пласта Заказчик по данным ГИС, анализу керна и ИПТ определяет необходимость спуска эксплуатационной колонны, ликвидации скважины или использования её в качестве контрольной или нагнетательной.

После спуска технической колонны на скважине должна быть

установлена и обязана станция геолого-технологического контроля процесса бурения (ГТК).

Существует три основных типа нейтронных зондов:

- Зонд гамма-излучения / нейтронов (ГНК).
- Зонд для определения нейтронной пористости стенок скважины (КНП).
- Компенсированный нейтронный каротаж (КНК).

Зонд гамма-излучения/нейтронов (ГНК)

Этот инструмент имеет источник нейтронов и единственный детектор, который чувствителен к гамма-квантам и тепловым нейтронам высокой энергии и является ненаправленным. Зонд может работать как в открытых, так и в обсаженных скважинах, и в обоих случаях он работает по центру. Зонд диаметром 7-22 см используется в открытых скважинах, а зонд диаметром 5-31 см используется в обсаженных скважинах. Расстояние между источником и детектором варьируется в зависимости от производителя инструмента, но находится в диапазоне от 40 до 50 см. Поскольку инструмент центрирован, зарегистрированные нейтроны и гамма-лучи должны проходить как через глинистую корку, так и через буровой раствор. Следовательно, этот инструмент очень чувствителен к изменениям качества ствола скважины, температуры, типа бурового раствора и толщины глинистой корки. У производителей инструментов имеются поправочные кривые для корректировки данных каротажа на температуру, диаметр скважины и влияние бурового раствора и глинистой корки.

Скважинный прибор производит замеры количества тепловых нейтронов, рассеянных атомами водорода, и гамма квантов вторичного излучения. На его показания, кроме водорода, сильнейшее влияние оказывает наличие в окружающей среде и атомов хлора, которые имеют даже больший радиус захвата, чем водород. В следствии этого, при наличии в буровом растворе хлористых солей натрия или калия, которые являются наиболее распространенными утяжелителями, данные нейтронного каротажа будут выдавать пористость пласта больше фактической. Поскольку буровой раствор,

фильтрат бурового раствора и пластовая вода могут содержать значительные количества растворенных хлорид-ионов, измерения могут давать ошибочные значения. Ошибочные значения проявляются в виде завышенной пористости в пластах, пробуренных с использованием буровых растворов, содержащих растворенные ионы хлорида соленых пластовых вод.

Зонд для определения нейтронной пористости стенок скважины (КНП)

Этот инструмент предназначен для использования только в открытых скважинах. Инструмент имеет источник и единственный детектор с интервалом расположения друг от друга 40 см, которые установлены в КНБК. Поскольку инструмент прижимается к стенке скважины, буровой раствор не влияет на измерения, а затухание из-за глинистой корки уменьшается. Однако грубые каверны могут вызвать несовпадение источника детектора со стенкой ствола скважины и, следовательно, дать ошибочные показания.

Детектор чувствителен к надтепловым нейтронам. Эти нейтроны еще недостаточно медленные, чтобы участвовать в реакциях поглощения с водородом и хлором. Следовательно, на показания прибора SNP не влияет присутствие хлора в высокосоленых буровых растворах и пластовых флюидах.

Компенсированный нейтронный каротаж (КНК)

Этот инструмент разработан таким образом, чтобы быть чувствительным к тепловым нейтронам, и поэтому подвержен воздействию хлора. Он имеет два детектора, расположенных в 38 и 63 см от источника. Детектор, расположенный дальше от источника, больше, чтобы обеспечить соблюдение нормальной диффузионной длины. Критическим измерением для этого инструмента является разница в популяции тепловых нейтронов, которая возникает в результате захвата нейтронов и рассеяния нейтронов. Показания прибора представлены в единицах пористости известняка так же, как и в приборе нейтронной пористости боковой стенки. Инструмент CNL имеет очень мощный источник нейтронов, чтобы гарантировать, что измеренные диффузионные длины достаточно высоки, чтобы избежать любых существенных ошибок, связанных со статистическими колебаниями их

изменения, несмотря на большее расстояние между источником и детектором для этого инструмента по сравнению с инструментами ГНК и КНК. Более мощный источник обеспечивает большую глубину исследования, а также позволяет инструменту работать в обсаженных скважинах. Зонд КНК децентрализуется при помощи дугообразной пружины и имеет диаметр 85 см. Его следует применять в заполненных раствором скважинах с открытым или обсаженным стволом.

Проведение геофизических исследований скважин сопряжено с возможностью возникновения различных аварийных ситуаций. Наиболее вероятными являются прихват скважинных приборов и обрыв каротажного кабеля. Такие события могут инициировать развитие чрезвычайных ситуаций. Поэтому обеспечение безопасности при проведении геофизических исследований скважин является актуальной практически важной задачей.

Установлено, что основными причинами прихватов геофизического зонда являются быстрый спуск геофизического зонда и смещение обсадной колонны. Быстрый спуск геофизических зондов связан с неправильными действиями оператора и повреждениями геофизической лебедки. Обрыв геофизического зонда связан с механическим повреждением кабеля и некачественным присоединением зонда к кабелю. Мной предлагается для снижения риска возникновения аварий комплекс конкретных рекомендаций по повышению слаженности работы персонала буровой и лаборатории ГИС, своевременного выявления дефектов каротажного кабеля и обеспечения быстрого извлечения скважинных приборов в случае аварии.

Одним из эффективных современных методов предупреждения аварий является анализ рисков, проводимый при помощи различных методик.

В технологию проведения промыслово-геофизических исследований скважин входят подготовительные работы на базе и буровой, спуск-подъем приборов и кабеля, регистрация диаграмм, их предварительная обработка и оформление перед передачей в бюро обработки и интерпретации.

Работы на буровой начинаются в том случае, если к приезду каротажной

партии буровая подготовлена к работе в соответствии с Техническими условиями на подготовку скважин для проведения геофизических работ.

Предупреждение аварийных ситуаций в ходе проведения ГИС определяется полнотой выполнения персоналом регламента проведения работ, требований промышленной безопасности и охраны труда, исправностью применяемых машин, механизмов и инструментов, применением технических систем обеспечения безопасности.

Безопасность проведения ГИС в РФ регламентируется различными нормативно-правовыми актами. Требования безопасности при эксплуатации применяемого ГИС-оборудования приведены в ряде государственных стандартов и отраслевых нормативов.

Полностью решить проблему ликвидации осложнений и повышения устойчивости стенок скважин при бурении в неустойчивых глинистых породах методами ингибирования пока еще не удалось. Ожидаемый эффект от применения ингибированных растворов для глинистого комплекса пород оказался недостаточным. Увлажнение глин фильтрами ингибированных растворов замедляло их гидратацию, набухание и разупрочнение, но не предупреждало в дальнейшем развитие этих процессов.

Разработана модель устойчивости скважины, учитывающая как механические и химические аспекты взаимодействия бурового раствора и глин. Химически индуцированное изменение напряжения, основанное на термодинамике различий в молярной свободной энергии воды бурового раствора и сланцев сочетается с механически вызванным напряжением. На основе этой модели возможно получить оптимальную массу бурового раствора и концентрацию соли для бурового раствора.

Дальнейшие модели стабильности, основанные на площади поверхности, равновесном содержании воды – зависимости давления и теория двойного электрического слоя могут успешно охарактеризовать проблемы устойчивости скважины. Применение площади поверхности, давления набухания и потребности твердых веществ в воде могут быть интегрированы в эти модели,

дабы можно вывести подходы к управлению буровым процессом, которые улучшат конструкцию РВО в активных глинах.

В качестве решения я предлагаю внедрить в программы промывки анионные полимеры.

Анионные полимеры могут действовать за счет длинной цепи, при которой отрицательные ионы присоединяются к положительным участкам на частицах глины или на поверхности гидратированной глины через водородную связь. Поверхностная гидратация снижается, поскольку полимер покрывает поверхность глины.

Защитное покрытие также герметизирует или ограничивает поверхностные трещины и поры, тем самым уменьшая или предотвращая капиллярное движение фильтрата в сланец. Этот стабилизирующий процесс дополняется композитом РАС. Хлорид калия усиливает скорость впитывания полимера глиной.

Заключение. В рамках контроля за заводнением и полнотой выработки продуктивного пласта Сплавнухинского месторождения должны проводиться специальные промыслово- геофизические исследования.

Основой комплекса контроля за заводнением коллекторов являются импульсные нейтронные методы. Промышленно внедрена геофизическая аппаратура и методические приемы исследований в глубиннонасосных скважинах: малогабаритный скважинный генератор ИГН-2, ИГН-34, гамма-плотностномер, дебитомер STD-1, STD-2, глубинные дебитометры и влагомеры различных конструкций.

В результате проведенных исследований может быть получена информация о текущей нефтенасыщенности, проведены расчеты для получения данных о величине охвата пластов заводнением, а также построены на дату анализа карты разработки с отображением зон различной степени выработанности запасов. Характер насыщенности коллекторов может быть установлен при проведении исследований электро- и радиометрическими методами.

На этапе бурения разведочных скважин необходимо применить специальные методы ГИС для уточнения границ продуктивных толщин, выявления геологических неоднородностей и нарушений в межскважинном пространстве: вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП), межскважинное сейсмическое прозвучивание (МП).

Выполнение перечисленных исследований позволит получить дополнительную информацию о строении продуктивных отложений, что может быть использовано при составлении следующего проектного документа.

Из основных перспективных направлений развития геофизических исследований следует отметить, во-первых, совершенствование аппаратурно-методической части электрических методов, направленное на обеспечение корректного учета влияния геолого-структурных характеристик разреза, пересекаемых стволом скважины по субгоризонтальным траекториям. Во-вторых, это совершенствование средств доставки геофизической аппаратуры в протяженную горизонтальную часть на этапах исследования действующих скважин. И, наконец, необходимо работать в направлении минимизации длины аппаратурных сборок для проведения исследований в скважинах с открытым стволом.

В качестве мер борьбы с прихватом приборов я предлагаю вводить в программы промывки анионные полимеры. Применение данной добавки в буровой раствор укрепит глины путем блокировки пути и гидратации.

Таким образом выполнен анализ геологического строения месторождения, выделены продуктивные пласты палеозойской группы. Установлены проведенные ГИС на месторождении, приведены данные привязки к продуктивным пластам. Раскрыта методика геофизических работ при бурении применением акустических и радиоактивных каротажей зондами КНБК. Разработаны мероприятия по снижению аварийности ГИС, путем модернизации биополимерной основы бурового раствора с целью создания активной ионной связи между породой и фильтрационной коркой. Результат-снижение вероятности прихватов геофизических приборов.