

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

«Прогнозирование геологического разреза месторождения Надж»

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы

направление 05.03.01 геология

геологического ф-та

Милавкина Максима Александровича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

Артемьев А.Е.

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Раздел 1. Геолого-геофизическая характеристика разреза	5
Раздел 2. Структурная интерпретация данных сейсморазведки	8
Раздел 3. Сейсмическая инверсия и ПГР	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	14

ВВЕДЕНИЕ

Данная бакалаврская работа посвящена изучению геолого-геофизических данных по месторождению Надж, которое находится на территории Судана. Выбор пал на столь экзотическую страну для написания работы из-за того, что не удалось собрать необходимый материал на производственной практике. Поэтому, мой научный консультант Сокулина К.Б., предложила мне проанализировать сейсмические исследования месторождения Надж, сделать перевод с английского языка и на этой основе составить данную работу. Главной трудностью являлось то, что в переводимом тексте описаны методы, которые лишь частично изучаются во время учебного процесса, поэтому во время написания работы я изучал дополнительную литературу и теоретические основы, чтобы освоить новые для меня методы в области сейсморазведки. Ознакомление с практикой прогнозирования геологического разреза в настоящее время является весьма актуальной темой.

Основная цель бакалаврской работы состояла в том, чтобы изучить метод сейсмической инверсии и оценить его возможности для прогнозирования геологического разреза. Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1) Перевести исходный текст отчета
- 2) Рассмотреть геолого-геофизическую характеристику разреза и изученность месторождения Надж (раздел 1)
- 3) Изучить теоретическую основу методов сейсмоинверсии и интерпретации (раздел 2)
- 4) Оценить возможности прогнозирования геологического разреза на основе атрибутивного анализа (раздел 3).

В основе каждого из разделов лежит перевод, сделанный мной лично. Актуальности данной работы добавляют новые методы и технологии, которые применялись при проведении исследований в Судане, такие как использование

нейронных сетей, построение 3D моделей структур и т.д. Название месторождения, вымышленное в силу конфиденциальности материалов.

1. Геолого-геофизическая характеристика разреза месторождения

Надж.

Бассейн Муджлад располагается в Восточной части Африки рядом с Суданом. В самом же бассейне находится южная часть месторождения Надж. В Судане были проведены геологоразведочные работы - такие как полевая геологическая съёмка, аэромагнитные, гравитационные и сейсмические исследования и бурение глубоких нефтяных и мелких гидрогеологических скважин. Большая часть из них была проведена после 1975 года. По результатам этих исследований стало известно, что под современными осадками находятся глубокие рифтовые впадины, сложенные мезозойско-кайнозойскими не морскими терригенными отложениями, содержащими залежи нефти. Эти рифты оказались частью Центральноафриканской рифтовой зоны (ЦАР), которая начинается от Гвинейского залива на западе и заканчивается Красным морем на востоке. В Судане к ЦАР относится прогиб Муджлад, а также несколько более мелких структур (грабенов).

Муджлад — самый большой бассейн в южной части Судана. Этот бассейн протягивается с с-з на ю-в от Западного Кордофана до Эфиопии, имея в длину 800 км и ширину - 200 км. Занимаемая им площадь около 160.000 кв. км. Толщина осадочного выполнения в наиболее прогнутой части бассейна превышает 13.5 км. В строении геологического ландшафта Южного и Центрального Судана принимают участие рыхлые современные осадки и выступающие из-под них джебелы, контрастные горные сооружения, сложенные докембрийскими интрузиями, при этом представляет собой плоскую равнину. Осадочный чехол почти полностью скрывает более древние отложения, которые фиксируются лишь редкими обнажениями кайнозойских и мезозойских пород. Из-за этого долгое время о глубинном строении региона не было ничего известно, поэтому перспективы нефтегазоносности оценивались отрицательно. Но в ходе работ по бурению и геологоразведке в 1974 г. было выяснено, что рифтовые впадины образуют специфические нефтегазоносные бассейны (НГБ), сложенные мезозойскими и кайнозойскими озёрными и речными отложениями, с максимальной толщиной в центральных частях впадин, превышающей 13 км. Так же были открыты явно нефтематеринские

глинистые формации и песчанистые коллектора. По структурам осадочного выполнения бассейнов можно было судить о наличии в них сводовых, литологически и тектонически экранированных ловушек. После этих результатов, интерес нефтяников к рифтам Южного и Центрального Судана многократно вырос.

Осадочное выполнение. Последовательность залегания осадочных пород в рифтовых бассейнах Южного и Центрального Судана изучали многие суданские и зарубежные геологи. При этом надо понимать, что построение этих схем вызывает большие вопросы, так как есть резкая фациальная изменчивость осадочного выполнения впадин. В составе осадков определены глубоководные и мелководные озёрные отложения, образования дельтовых фронтов и аллювиальных конусов выноса, а также фации аллювиальных речных долин. Все литофациальные комплексы характеризуются постепенными взаимопереходами и замещениями. Всё это в значительной степени затрудняет расчленение и сопоставление разрезов по литологическим признакам. Наиболее информативным методом расчленения разрезов в данных условиях является палинологический метод. По существующим представлениям все осадочные бассейны Южного и Центрального Судана сформировались как рифтовые впадины сквозного развития с юры по плиоцен. В составе отложений установлены нижне- и верхнемеловые, палеогеновые, неогеновые и современные осадки. Их стратиграфическая принадлежность установлена по споро-пыльцевым комплексам.

Нефтеносность бассейна.

Все рассмотренные осадочные бассейны Южного Судана содержат нефть или признаки нефти (нефтепроявления) и поэтому их следует рассматривать как нефтегазоносные бассейны (НГБ). Применительно к Судану в этом определении заложена логическая неточность, поскольку в южносуданских впадинах отсутствует газ. Правильнее было бы называть их нефтеносные бассейны (НБ), однако, учитывая консерватизм определений, во избежание непонимания мы вынуждены использовать общепринятые термины.

НГБ следует рассматривать как область длительного прогибания земной коры, выполненную осадочными породами, в которых реализовались процессы генерации нефти и газа, их миграции и аккумуляции в залежах. Анализ материалов по нефтеносности прогибов в Южном Судане показывает наличие, по меньшей мере, двух специфических особенностей. Во-первых, это отсутствие более или менее значимых проявлений газа и, во-вторых, наличие в качестве нефтепроизводящих отложений обогащенных сапропелевой органикой озёрных осадков.

2. Структурная интерпретация данных сейсморазведки

При интерпретации был использован куб данных 3D сейсморазведки, 18 профилей 2D сейсморазведки SD85-655, SD85-679, SD85-680, ST08-09_MIG, ST08-10_MIG...ST08-16_MIG, FW2001_10, FW2001_01, FW2004_04, FW2004_05, FW2004_07, FW2004_08 FW2004_09, а также стратиграфические разбивки по 7 скважинам SA-1, SA-2, SA-3, SA-4, SA-5, SA- 6, SA-7.

В результате сейсмической интерпретации были выделены следующие отражающие горизонты:

- Амаль
- Барака
- Газаль
- Арадейба
- Бентию
- Абу-Джабра
- Абу-Джабра-Oil и фундамент.

Для построения синтетических сейсмограмм был использован акустический и плотностной каротаж по скважинам SA-1, SA-2, SA-4, SA-5, SA-6.

Для построения синтетических сейсмограмм был использован ноль-фазовый импульс.

При интерпретации данных сейсморазведки был выделен наиболее протяженный разлом F1, который взят как ограничивающий разлом и использован как западная граница площади исследований.

Следующий по протяженности разлом это F5. Этот разлом выступает в роли границы для горизонтов Абу-Джабра-Oil и Абу-Джабра. Наличие разлома F5 подтверждается фактом, что скважину SA-2 пронизывают горизонты Абу-Джабра-Oil и Абу-Джабра, между тем все другие скважины достигают фундамента и не захватывают Абу-Джабра-Oil и Абу-Джабра. Данный разлом

может прослеживаться на протяжении всего участка и важно обратить внимание, что разрывное нарушение здесь это наклонный сброс по простиранию, вид которого проявляется на сейсмограммах как «обратный» сброс.

Для интерпретации сейсмических данных (сейсмокуб и 18 2D линий) была выбрана следующая последовательность:

- Интерпретация горизонтов и разломов в сейсмокубе
- Интерпретация горизонтов 2D, включая три основных сейсмопрофиля ST08-09, ST08-10, ST08-11)
- Создание модели разломов, включая территорию куба и 2D сейсмопрофилей

Интерпретация 9 выделенных горизонтов была сделана во всем сейсмокубе. Ключевые inlines и crosslines :

- inline 90 проходит через скважины SA-1 и SA-2
 - inline 60 проходит через скважину SA-3
 - inline 30 проходит через скважину SA-4
 - inline 110 проходит через скважину SA-5
 - inline 130 проходит через скважину SA-6
- Xline 155 проходит через скважины SA-1 и SA-3, SA-4, SA-5, SA-6.

При интерпретации была выделена кровля фундамента, которая на рисунке показана синим цветом.

Разломы на территории исследований могут быть разделены на 4 группы:

- наиболее протяженные ограничивающие разломы (F1, F5)
- протяженные наклонные сбросы (F6, F7)
- небольшие разломы (F2, F3, F4, F26)
- Другие разломы идентифицированы на 2D сейсмограммах

Разлом, который ограничивает модель по западной части куба данных является F1, принятый как западная граница сейсмической модели, если точнее, то западная граница мелководной области горизонтов Амаль, Газаль, Зарга, Бентию и Арадейба. Другой важный разлом это F5. Этот протяженный наклонный сброс по простиранию используется как восточная граница горизонтов Абу-Джабра-Оil и Абу-Джабра. Два протяженных наклонных сброса по простиранию разломы F6 и F7 также ограничивают горизонты Абу-Джабра-Оil и Амаль. Кроме разломов, описанных ранее есть еще несколько небольших разломов: F2, F3, F4, F26.

3. Сейсмическая инверсия и ПГР

Сейсмоинверсия включает выполнение следующих шагов:

- Каротажные диаграммы 4х скважин были откалиброваны по сейсмоданным.
- Низкочастотная модель (НЧМ) была сгенерирована по 4 скважинам,
- Акустический импеданс был рассчитан для 9 горизонтов.
- Оптимальные параметры для инверсии были определены используя технологию ISIS.

При прогнозировании геологического разреза на территории исследований была использована сейсмическая инверсия и как результат был рассчитан акустический импеданс. Каротажные диаграммы использовались для прослеживания корреляции между акустическим импедансом и петрофизическими свойствами породы и литологией. Перед расчетом акустического импеданса каротажные диаграммы скважин были загружены и проверено их качество, каротажные кривые были скорректированы для построения низкочастотной модели и оценки сейсмоимпульса. В результате была сгенерирована диаграмма геофизического акустического импеданса (АИ). При построениях был использован каротаж по 6 скважинам. Данные по большей части состоят из гамма-каротажа, УЭС, а также плотностного каротажа и акустического каротажа. При расчете акустического импеданса была использована эмпирическая зависимости Гарднера (1974г.), которая имеет вид $\log \rho = 0.25 * \log V_p - 0.51$. На рассматриваемой площади большие проблемы при проведении ГИС вызывает состояние ствола скважины, а именно, наличие большого числа размывов, т.е. участков, где кавернометрия показывает зачастую около полутора раз больше диаметра долота. Из-за этого плотностной и акустический каротажи подвержены влиянию данных размывов: плотность по ГГКП становится меньшей, чем есть на самом деле, время пробега продольных волн по АК становится больше (скорость ниже), чем она

есть на самом деле. Плотностной каротаж подвержен влиянию каверн повсеместно (~95% случаев каверн), акустика реже, но тоже достаточно часто. В подавляющем большинстве данные размыты встречаются в глинах, крайне редко - напротив песчаных пластов. Для петрофизической интерпретации нам было необходимо скорректировать плотность в размывах, что и было сделано. К сожалению, формула Гарднера применима не всегда в данном случае, поскольку акустика тоже не идеальна в данных зонах. Потому было принято решение использовать математический алгоритм Fuzzy Logic (аналог нейронной сети на основе функций правдоподобия). Суть в том, что по значениям ГК и УЭС (менее всего подверженных влиянию размывов) на скважине, где ствол в нормальном состоянии (это только SA-05 и SA-02), а, соответственно, и ГГКП тоже показывает истину, происходило обучение алгоритма. После чего настроенный алгоритм применялся к остальным скважинам, а ГГКП в зонах размывов был восстановлен на основе данной математики. Это удалось сделать, алгоритм сработал достаточно хорошо (на вскидку более 95% зон успешно скорректировано). Сейсмическая инверсия была использована для расчета относительного и абсолютного АИ при использовании технологии ISIS. Результаты инверсии были проверены на качество на месте скважин; Для проверки качества полученного материала акустический импеданс, полученный по результатам инверсии сравнивался с акустическим импедансом каротажной диаграммы скважины. Результаты инверсии приемлемы, принимая во внимание качество входных сейсмоданных и диаграмм. Есть некоторая неопределенность, связанная с результатами инверсии. Плохое качество сейсмоданных и удовлетворительное качество каротажных диаграмм делает трудным проверку качества результатов. Тем не менее, результаты инверсии прошли проверку качества на скважинах.

Следует также отметить, что трудности при прогнозировании геологического разреза были также связаны с малым количеством скважин на площади исследований, в основном все скважины были сосредоточены на юге площади. При расчетах акустического импеданса (АИ) были получены

зависимости АИ от пористости для разных горизонтов Газаль, Зарга, Бентию и Абу-Джабра. Скважина SA-1 не участвовала в построении зависимостей из-за плохого качества каротажа. Корреляция между АК и пористостью для Газаль и Зарга, низкая, порядка 35 и 15 процентов, соответственно. Более высокие значения корреляции показывают области Бентию и Абу-Джабра, порядка 60 и 70 процентов соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе написания данной работы была выполнена поставленная цель, а именно, изучен метод сейсмической инверсии и оценены его возможности для прогнозирования геологического разреза.

В разделе 1 «Геолого-геофизическая характеристика разреза» была поставлена цель изучения геологических особенностей месторождения Надж. В ходе этого изучения была рассмотрена литология и основные черты тектоники осадочного бассейна Муджлад, а также затронуты вопросы о нефтеносности бассейна.

В разделе 2 «Интерпретация данных сейсморазведки» основной задачей являлось изучение теоретической основы методов сейсмической инверсии и динамической интерпретации. Непосредственно проинтерпретированные данные представлены графически, с привязкой к каждой скважине.

В последнем, 3-ем разделе «Прогнозирование геологического разреза», автор оценивал возможности прогнозирования геологического разреза на основе атрибутивного анализа и изучил технологию сейсмической инверсии.