

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

Кафедра геофизики

**«Геолого-геофизическая характеристика продуктивных карбонатных
коллекторов месторождения Тенгиз»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 геология
геологического ф-та
Тихомолов Евгений Алексеевич

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

М.В. Калининкова

подпись, дата

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2019

Введение. Согласно данным Американской ассоциацией геолог-нефтяников (AAPG) и Американского геологического института (AGI), в карбонатных коллекторах сосредоточено до половины запасов углеводородов мира. Большинство месторождений-гигантов также находятся в карбонатных или преимущественно карбонатных осадочных комплексах. Одним из таких является месторождение Тенгиз.

Залежь Тенгизского месторождения представляет собой единый гидродинамический карбонатный резервуар массивного типа. По данным Chevron, этот резервуар характеризуется значительной неоднородностью фильтрационно-емкостных свойств пород и типов коллекторов как по вертикали, так и по латерали, поэтому изучение петрофизических свойств месторождения Тенгиз является актуальной на данное время задачей.

Отличительной особенностью карбонатных коллекторов является широкий диапазон изменения их емкостных и фильтрационных свойств, а также минерального состава скелета породы. Влияние трещиноватости и кавернозности нарушает корреляционные связи между емкостными и фильтрационными свойствами, а многокомпонентность твердой фазы породы усложняет ее петрофизическую модель. Резкая неоднородность карбонатного разреза по вертикали и латерали в сочетании с глубокими зонами проникновения водного фильтрата раствора препятствуют изучению неизменной части пласта. Все это в значительной мере затрудняет определение характера насыщения и подсчетных параметров по данным геофизических исследований скважин (ГИС). Исследования керна, отобранного из карбонатного разреза, практически характеризуют только матрицу породы и не позволяет оценить фильтрационные и емкостные свойства трещиноватых и макрокавернозных пластов-коллекторов.

Изучение сложных типов карбонатных коллекторов стандартным комплексом ГИС, выборочным отбором керна из скважин, пробуренных на обычных водных промывочных жидкостях (ПЖ), по данным интегральных испытаний в открытом стволе и в колонне (без локализации притока углеводородов и приемистости при соляно-кислотных обработках) часто не

достигает цели, оказывается малоинформативным. Это приводит к существенной недоизученности месторождений УВ на стадии разведки и, как следствие, к занижению доказанных запасов нефти и газа и неоптимальности систем разработки.

Опыт разведки и подсчета запасов по месторождению Тенгиз показывает, что наибольшие ошибки в изучении карбонатных коллекторов связаны с отсутствием достоверной информации, необходимой для выявления и оценки коллекторов с низкими значениями пористости и проницаемости матрицы порово-трещинного и порово-трещинно-кавернозного типов. Таким образом, возникла необходимость изучения геолого-геофизической характеристики карбонатных коллекторов, исследованием комплекса методов ГИС и методов изучения каменного материала.

Цель работы состоит в определении геолого-геофизических характеристик карбонатных коллекторов по комплексу методов ГИС и методов анализа каменного материала на примере скважины №1 месторождения Тенгиз.

Данная цель предполагала решение следующих задач:

- изучить геолого-геофизическую характеристику района Тенгизского месторождения на основе имеющихся фондовых материалов, публикаций в научной литературе и сети интернет;
- охарактеризовать особенности изучения карбонатных отложений;
- описать методику выделения карбонатных пластов-коллекторов и определения их коэффициента пористости по данным методов ГИС.
- дать теоретическую основу методов изучения каменного материала (керна, шлам);
- определить коэффициент пористости по данным НГК и ЯМР;
- провести типизацию коллекторов в разрезе скважины №1 месторождения Тенгиз;
- выделить пласты-коллекторы, типизацию и петрофизические свойства (Кп);

Научная новизна исследования заключается в том, что удалось провести типизацию карбонатных коллекторов, основанную на сравнительном анализе коэффициентов пористости по ЯМР и НГК.

Данная работа включает введение, 3 раздела, состоящих из 8 подразделов, заключение, список используемых источников, 1 приложения, 11 рисунков и 2 таблицы. Общий объем работы составляет 60 страниц.

Основное содержание работы. В разделе 1 дается геолого-геофизическая характеристика месторождения Тенгиз. В подразделе 1.1 «Общее административное положение и степень изученности Тенгизского месторождения» отмечается, что месторождение Тенгиз расположено на юго-восточной части Прикаспийской низменности и административно принадлежит Каратонскому округу Эмбинского района, Атырауской области. Расположено в пустынной равнинной части Атырауской области в непосредственной близости от акватории Каспийского моря (15-30 км). Территория СП «ТШО» занимает около 400 км.

В подразделе 1.2 «Литолого-стратиграфическая характеристика разреза» указывается что в стратиграфическом плане вскрытый разрез осадочной толщи состоит из карбонатных массивов ранне- и среднекаменноугольного возраста, расположенных на общем девонском карбонатном основании. Верхний комплекс толщи (от верхнепермских до четвертичных осадков) представлен терригенными песчано-глинистыми породами. Средний комплекс выполнен соленосными отложениями кунгурского яруса, нижний подсолевой комплекс – карбонатными отложениями артинского яруса нижнепермского, ниже- и среднекаменноугольного отделов. Вскрытая мощность осадочной толщи 5400 м. Общая толщина отложений в пределах платформенной части структуры и в области борта составляет около 1000 м. На флангах структуры отмечаются значительные колебания по толщине, значения которой составляют 393 – 746 м.

В подразделе 1.3 описывается тектоническое строение изучаемой территории, которая расположена в южной части Прикаспийской

нефтегеологической провинции и приурочено к Каратон – Тенгизскому блоку Тенгиз–Кашаганской платформы. Каратон - Тенгизский тектонический блок байкальского фундамента юго-востока Прикаспийской впадины ограничен на севере Утыбайским, на юге Тугаракчанским и на востоке Каратонским (по В.С. Днепрову) глубинными разломами древнего заложения, прослеживающимися по поверхности Мохоровича, как показано на рисунке 3. Фундамент имеет блоковое строение, его поверхность по субширотным локальным разломам – сбросам ступенчато погружается с севера на юг, от Утыбайского разлома к Тугаракчанскому, от 8 до 13 км.

Нефтегазоносность изучаемой территории представлена в подразделе 1.4. Коллектор разделен на три стратиграфические единицы: объекты I, II, III. Это было обусловлено следующими факторами:

- чрезвычайно большой эффективной мощностью;
- наличием туфов и карбонатно-глинистых вулканических отложений толщиной 40-50м, изолирующих башкирско-серпуховско-окскую часть коллектора в пределах платформы от нижневизейско-турнейской;
- резко различными свойствами в различных интервалах коллектора;
- различиями в проницаемости и пористости коллекторов в разных объектах.

Объект I включает отложения башкирско–серпуховско-окского возраста и, как бы, облекает на склонах карбонатного массива нижневизейско–турнейский комплекс пород, выделенных в объект II. Объект III составляют девонские отложения.

В разделе 2 описывается методика исследования. В подразделе 2.1 изучаются особенности изучения и выделения карбонатных коллекторов. Карбонатные коллекторы отличаются широким диапазоном изменения пористости от 1 до 30-40%, имеют сложное и разнообразное пустотное строение. Основными породообразующими минералами являются кальцит, доломит и примеси глинистой составляющей.

В подразделе 2.2 описывается классификация карбонатных коллекторов. Основными классификационными признаками карбонатных коллекторов, которые проявляют себя в данных каротажах, могут служить: значения пористости, степень доломитизации и глинистости, тип структуры порового пространства.

В подразделе 2.3 описывается изучение карбонатных разрезов скважин методами ГИС. Данные каротажа, в отличие от данных, полученных на керне, позволяют изучать пласт в его естественных термодинамических условиях, при этом глубинные методы ГИС исследуют пласты, не затронутые проникновением фильтрата промывочной жидкости, хотя и далеко не во всех интервалах разреза. В отличие от данных испытаний, каротаж в колонне после расформирования зоны проникновения изучает флюидальную систему пласта, термодинамические условия которого не изменены гидродинамическим воздействием, неизбежным при вызове притока из пласта-коллектора. Поэтому в тех случаях, когда изучаются свойства пласта, которые могут претерпеть существенные изменения при нарушении естественных термодинамических условий в нем, наиболее достоверными являются данные каротажа.

В подразделе 2.4 описывается методика выделения карбонатных коллекторов по данным методов ГИС. Расчленение карбонатного разреза, представленного переслаиванием плотных и пористых разностей, по данным ГИС в общем случае затруднительно. Трещинные и кавернозно-трещинные коллекторы имеют весьма широкое распространение среди карбонатных пород. На каротажных кривых они не имеют четко выраженных характеристик, и распознавание их в разрезе скважины по обычному комплексу ГИС связано с большими трудностями. Показания НГК против плотных пород максимальные, в высокопористых и кавернозных породах существенно понижены. Эти показания объясняются водородосодержанием карбонатных пород. Глинистые карбонатные породы также отмечаются низкими значениями НГК. Отличить их от пористых пород удастся путем

сопоставления диаграмм НГК с диаграммами ГК и ПС, на которых глинистые породы четко отображаются. В плотных карбонатах диаметр скважины соответствует номинальному, в глинистых разностях и (очень редко) в кавернозных породах отмечается увеличение $d_{скв}$, против пористых пород наблюдается образование глинистой корки.

В подразделе 2.5 описывается выделение коллекторов по косвенным количественным критериям. Породы с трещинным и трещинно-каверновым типом структуры пустотного пространства относятся к коллекторам при общей пористости их, превышающей $K_{п}^{кр} = 2,5 \%$. Породы с каверновым типом структуры пустотного пространства относятся к коллекторам при каверновой пористости $K_{п}^{кав} > 3 \%$. Породы со смешанным типом структуры пустотного пространства: каверно – поровые, трещинно – каверново – поровые и трещинно – поровые всегда являются коллекторами, т.к. у них блоковая пористость $K_{п}^{бл} > 6 \%$. Эффективность выделения сложных коллекторов при использовании описанных выше приемов количественной интерпретации и критических величин пористости достаточно высока и достигает 92%.

В подразделе 2.6 описывается определение коэффициента пористости по НГК с использованием двойного разностного параметра Δi^{ny} , затем при количественной оценки пористости используется зависимость $\Delta i^{ny} = f(\lg K_{п})$.

В подразделе 2.7 описывается физические основы метода изучения каменного материала по ядерно-магнитному резонансу (ЯМР), заключающийся в реакции ядер на магнитное поле, характеризующимся в избирательном поглощении веществом электромагнитной энергии. ЯМР наблюдается при воздействии на вещество двух взаимно перпендикулярных магнитных полей: сильного постоянного поля H_0 и слабого радиочастотного РЧ (осциллирующего) поля H_1 .

В подразделе 2.7.1 описывается метод определения коэффициента пористости по ЯМР, который заключается в изучении затухания

намагниченности флюидов в порах горной породы, регистрируемое в виде релаксационной кривой. Начальная амплитуда релаксационной кривой, отражающая число резонирующих ядер, пропорциональна объемному водородосодержанию. При этом во всех модификациях ЯМР–исследований к моменту начала измерения релаксация ядер водорода, входящего в состав твердой фазы породы, уже завершается, и они не вносят вклад в сигнал. Результатом обработки ЯМР-анализа является интегральный спектр, получаемый напрямую из дифференциального спектра с помощью его интегрирования и представляет собой кривую «нарастания» общей пористости по мере увеличения времени поперечной релаксации.

В практике ЯМР-анализ пород Западного Казахстана определение коллекторских параметров по шламу проводилось посредством комплексной ЯМР методики [Белорай Я.Л]. Для изучения петрофизических характеристик использовались как ручные, так и автоматизированные измерения, выполняемые с помощью электронно-оптического прибора «Квантимет-720» и по методике НВ НИИГГ [Башмаков В.А]. Средняя величина ошибки определения пористости не превышает 10%.

В разделе 3 описываются полученные результаты исследований. В отложениях окского яруса нижнего карбона C_{10ks} горные породы представлены карбонатными разностями с чередованием уплотненных и более пористых зон. Выделение карбонатных коллекторов было проведено на основе граничных (критических) значений пористости $K_n^{кр}$, описанной в разделе 2 «Методика выделения коллекторов по косвенным количественным критериям».

Сравнительный анализ результатов ЯМР и ГИС показал неоднозначность коэффициентов пористости по ЯМР и ГИС, что вызвано изменением петрофизических свойств коллектора. С учетом этого была проведена типизация коллекторов, критериями которых, для определения типа коллектора могут быть использованы следующие соотношения:

1. Если значения пористости, определенные по шламу и ГИС,

хорошо согласуются между собой, т.е. имеет место равенство: $K_{п\ o}^{ЯМР} = K_{п}^{ГИС}$, то коллектор поровый;

2. Превышение пористости по ГИС над пористостью по шламу ($K_{п\ o}^{ЯМР} < K_{п}^{ГИС}$) интерпретируются как каверно-поровый тип коллектора;
3. Существенно каверновый коллектор характеризуется комплексом ГИС, т.к. пустоты этого типа не отражаются в шламе и описываются неравенством $K_{п\ o}^{ЯМР} \ll K_{п}^{ГИС}$;
4. Превышение пористости шлама над пористостью по ГИС ($K_{п\ o}^{ЯМР} > K_{п}^{ГИС}$) интерпретируются как микронеоднородность пустотного пространства коллектора или трещинный тип.

В результате было выделено 7 карбонатных коллекторов в интервалах:

- 4633,9-4650 м выделен каверново-поровый карбонатный коллектор, представленный известняком с включением кремнезема;
- 4650-4666,5 м выделен трещинный карбонатный коллектор, представленный известняком;
- 4666,5-4676,1 м выделен каверново-поровый карбонатный коллектор, представленный известняком с включением кремнезема;
- 4705-4711 м выделен каверновый карбонатный коллектор, представленный известняком;
- 4711-4720 м выделен поровый карбонатный коллектор, представленный известняком;
- 4720-4726 м выделен каверновый карбонатный коллектор, представленный известняком;
- 4726-4753 м выделен порово-каверновый карбонатный коллектор, представленный известняком;

Таким образом, наиболее достоверная петрофизическая характеристика карбонатных сложнопостроенных коллекторов может быть выполнена лишь на базе комплексирования данных ЯМР-анализа шлама и ГИС. По соотношению общей пористости по ГИС и матричной пористости,

определенной методом ЯМР-анализа выделяются поровой, каверновый и трещинный типы коллекторов, что позволяет получить принципиально новую информацию о глубокозалегающих резервуарах, необходимую для решения целого ряда нефтегеологических задач.

Заключение. В практике нефтяной геологии, как правило, используют данные керна, однако, изучение коллекторских свойств, основанное только на анализе керна, несмотря на его исчерпывающий характер, не может быть выполнено по всему разрезу скважин. Информация, предоставляемая различными методами ГИС не дает каких-либо отличительных признаков в карбонатных коллекторах. Изучение свойств по шламовому материалу также не может быть исчерпывающим в связи с малым его отбором. А также сложное геологическое строение месторождения Тенгиз не может отражаться только одним методом изучения коллекторов данного района.

Поэтому наиболее уверенные результаты в этих условиях могут быть получены путем комплексирования методов ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) и радиоактивного каротажа (НГК), с целью определения коэффициента пористости.

В результате были определены коэффициенты пористости карбонатных пород, по граничным значениям были выделены 7 коллекторов и была определена их типизация по сравнительному анализу результатов ЯМР и ГИС, который показал неоднозначность коэффициентов пористости определённых по данным методам.