

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №3, Том 13 / 2021, No 3, Vol 13 <https://esj.today/issue-3-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/03NZVN321.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чжан Дэяо, Атсе Я.Д.Б., Халиков А.Н. Изучение характеристик пятой группы пластов-коллекторов верхней пачки Гуантаоской свиты в районе скважины GD31-510 ЦДНГ «Центральный 2» месторождения Гудао (КНР) // Вестник Евразийской науки, 2021 №3, <https://esj.today/PDF/03NZVN321.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Zhang Deyao, Atse Y.D.B., Khalikov A.N. (2021). Research on reservoir characteristics of the fifth sand group in the upper member of Guantao formation in the GD31-510 well area of the middle-2 district of Gudao oilfield (PRC). *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(13). Available at: <https://esj.today/PDF/03NZVN321.pdf> (in Russian)

УДК 553.982

Чжан Дэяо

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия
Магистрант кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений»

E-mail: 1610140068@qq.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3635-265X>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=1107855

Атсе Яо Доминик Бернабэ

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия
Старший преподаватель

E-mail: atsedominique@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-3541>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=869417

Халиков Альмир Наилевич

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия
Ассистент кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений»

E-mail: almir94@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6801-3770>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1009274

Изучение характеристик пятой группы пластов-коллекторов верхней пачки Гуантаоской свиты в районе скважины GD31-510 ЦДНГ «Центральный 2» месторождения Гудао (КНР)

Аннотация. Месторождение Гудао в течение 49 лет играло значительную роль в развитии экономики Китая. Месторождение Гудао находится на поздней стадии разработки и характеризуется значительным снижением объёма добычи углеводородов, где обводнёность продукции составляет около 96 %. Наблюдается низкая эффективность процесса поддержания пластового давления, а также слабая вытесненность нефти. В связи с этим весьма актуальными задачами являются мероприятия, направленные на улучшение процесса разработки и увеличение нефтеотдачи. Для решения вышеуказанных задач в первую очередь необходимо провести детальное геологическое изучение, которое позволит высокоэффективно реализовать процесс разработки месторождения. Изучение характеристик пластов-коллекторов является одной из основных задач детального геологического изучения.

Основные исследования в данной работе направлены на проведение детальной геологической корреляции для установления точной стратиграфической последовательности пластов. На основе детальной геологической корреляции выявлены характеристики пластов-коллекторов. Характеристики пластов-коллекторов определены на микроскопическом и макроскопическом уровнях. При изучении характеристик пластов-коллекторов акцент сделан на их латеральное распространение и литологическую связанность, поскольку именно эти характеристики связаны с эффективностью процесса закачки на пласт.

Результаты вышеуказанных исследований использованы для создания точной и детальной трёхмерной геологической модели месторождения Гудао. На основе полученных результатов данного изучения можно выработать методики для улучшения эффективности процесса разработки в данном месторождении.

В данной работе объектом исследования является третий и четвёртый пласты пятой группы пластов-коллекторов верхней пачки Гуантаоской свиты ($N_{1g\text{верхняя}}^{5^3}$, $N_{1g\text{верхняя}}^{5^4}$). Районом исследования является район скважины GD31-510 цеха добычи нефти и газа (ЦДНГ) «Центральный 2» месторождения Гудао.

Ключевые слова: детальное геологическое изучение; изучение характеристик пластов-коллекторов; латеральное распространение пластов-коллекторов; литологическая связанность пластов-коллекторов; трёхмерная геологическая модель; пятая группа пластов-коллекторов верхней пачки Гуантаоской свиты; район скважины GD31-510 ЦДНГ «Центральный 2» месторождения Гудао

Общие сведения об объекте

Месторождение Гудао расположено на территории города Дуньин, провинция Шаньдун, Восточный Китай. Разведка месторождения Гудао началась в апреле 1968 года. В неогеновых горизонтах было открыто много нефтегазовых залежей. Основные нефтегазовые пласты месторождения Гудао сложены осадочными породами неогенового возраста. Они состоят в основном из слабосцементированных терригенных пород-коллекторов речного образования. Основная залежь имеет структурный тип.

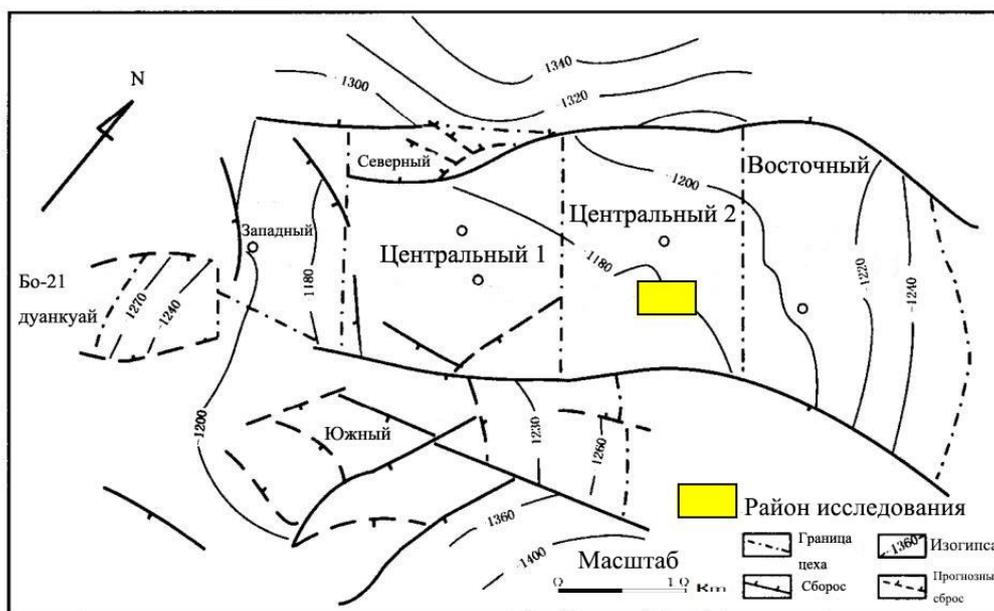


Рисунок 1. Структурная карта кровли Гуантаоской свиты месторождения Гудао (Чжан Дэяо, 2021 г., модификация на основании работы Lu Xianliang и др.) [1]

Исследуемый объект расположен в районе скважины GD31-510 ЦДНГ «Центральный 2» месторождения Гудао (рисунок 1).

В районе исследования пласты $N_{1g\text{верхняя}}5^3$ и $N_{1g\text{верхняя}}5^4$ являются основными объектами исследования, поскольку их геологические запасы нефти составляют около 73 % от общих геологических запасов нефти пятой группы пластов-коллекторов верхней пачки Гуантаоской свиты ($N_{1g\text{верхняя}}5$).

1. Детальная геологическая корреляция

Детальная геологическая корреляция является одной из основных задач при проведении детального геологического изучения. Целью детальной геологической корреляции является уточнение стратиграфической последовательности пластов, выявление закономерностей изменения пластов в пространстве [2].

В районе скважины GD31-510 осадочная фация группы пластов-коллекторов $N_{1g\text{верхняя}}5$ относится к фации сплетённой реки. Сложность корреляции аллювиальных фаций связана с латеральной вариацией обстановки осадконакопления, высокой степенью изменения литологического состава, толщинами пластов и сложностью обнаружения реперных горизонтов.

В данной работе необходимо основываться на реперном горизонте в соответствии с циклом осадконакопления для проведения детальной геологической корреляции. При проведении детальной геологической корреляции также необходимо принимать во внимание то, что толщина пласта аллювиальных фаций имеет небольшое изменение в одном периоде времени, учитывать наложение песчаных тел, а также обратить внимание на латеральную изменчивость осадочной фации. На основе предыдущих результатов геологической корреляции необходимо выбрать скважины с стратиграфической последовательностью пластов без перерывов и с достаточными данными в качестве эталонных скважин.

Реперный горизонт имеет следующие особенности:

- легко обнаружить по каротажным кривым, например, высокое сопротивление с типовой формой каротажных кривых МГЗ и МПЗ – острая;
- устойчивое распространение с незначительным изменением толщины горизонта;
- образование в одном периоде времени.

Реперные горизонты в основном сложены глинами, горючими сланцами, карбонатными породами, окаменелостями и другими.

В нижних первой и второй группах пластов-коллекторов верхней пачки Гуантаоской свиты ($N_{1g\text{верхняя}}1+2$) широко распространяется окаменелый слой водных организмов. Данный слой характеризуется высоким сопротивлением с типовой формой каротажных кривых МГЗ и МПЗ – острая. Данная окаменелая часть разреза толщиной около 0,5 м. Под этим слоем обнаружены серо-зелёные глинистые породы с высоким значением индукционного каротажа, с типовой формой каротажной кривой ИК – острая. Толщина слоя серо-зелёных глинистых пород около 0,5 м. Данный окаменелый и серо-зелёный глинистый слои формируют реперный горизонт для проведения геологической корреляции (рисунок 1.1).

В процессе корреляции были определены границы между группами пластов-коллекторов и была подразделена верхняя пачка Гуантаоской свиты ($N_{1g\text{верхняя}}$) на шесть групп пластов-коллекторов (рисунок 1.2). Далее на основе определения границ между группами

пластов-коллекторов, была подразделена группа пластов-коллекторов $N_{1g\text{верхняя}5}$ на шесть пластов (рисунок 1.3).



Рисунок 1.1. Типовые каротажные кривые реперного горизонта (Чжан Дзяо, 2021 г.)

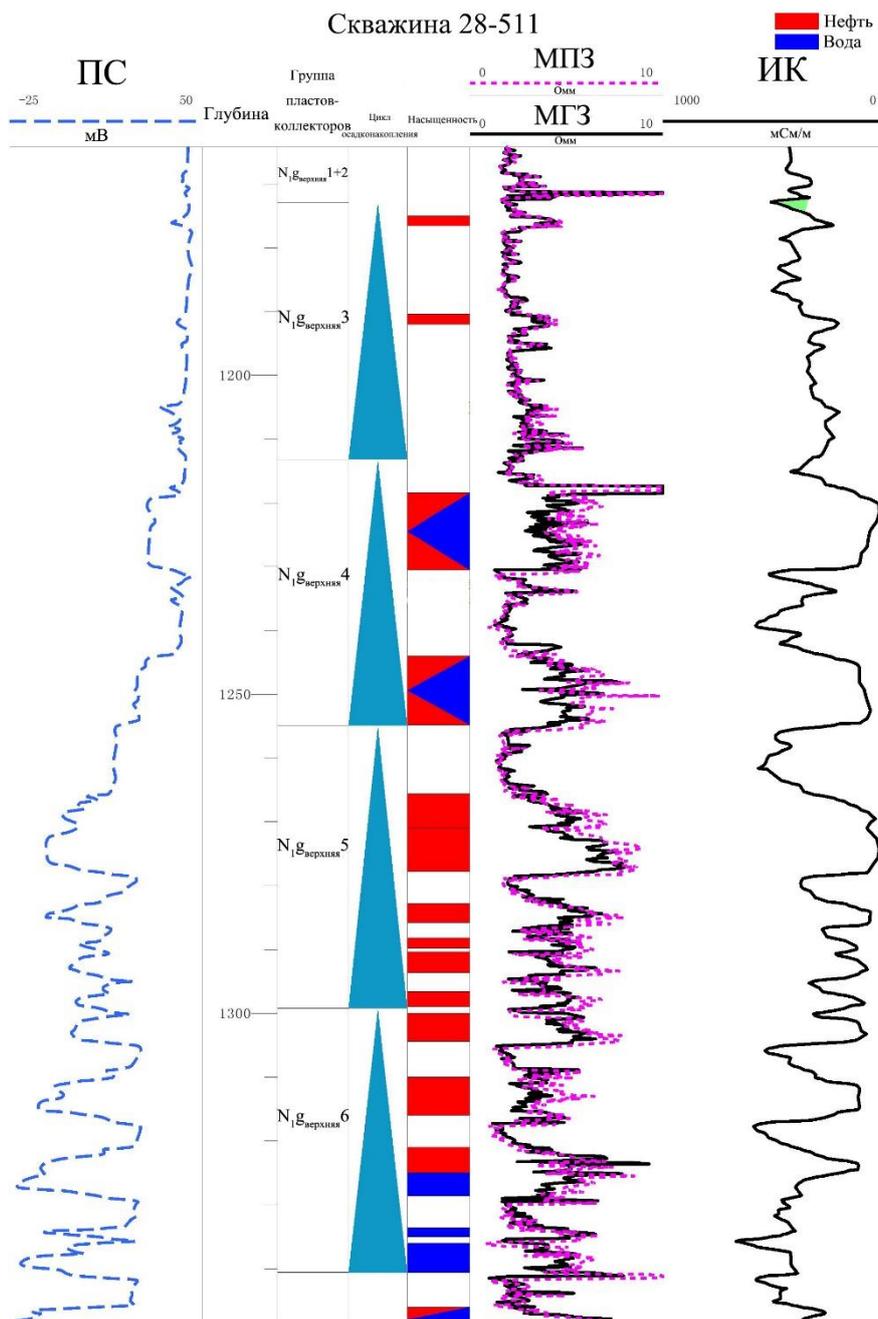


Рисунок 1.2. Разделение пачки $N_{1g\text{верхняя}}$ на 6 групп пластов-коллекторов (Чжан Дзяо, 2021 г.)

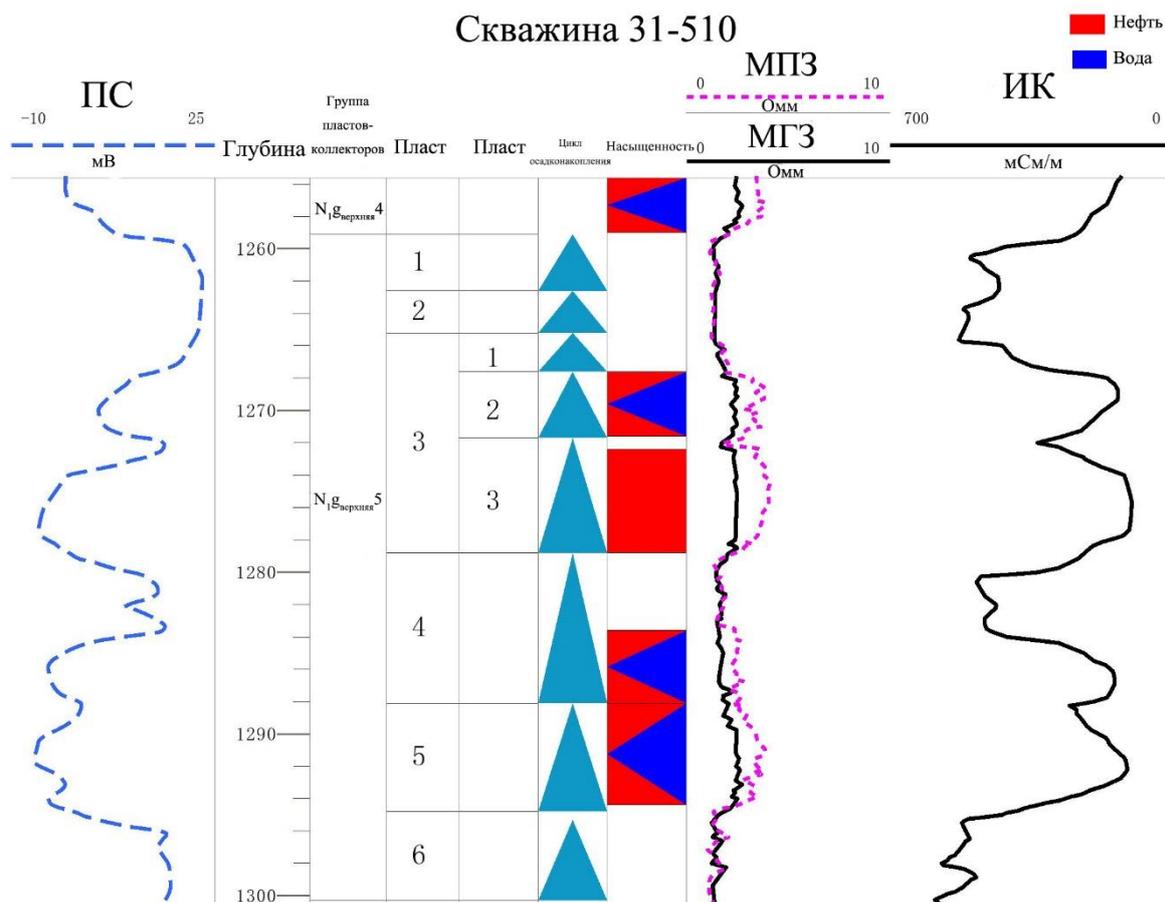


Рисунок 1.3. *Разделение группы пластов-коллекторов $N_{1g\text{верхняя}5}$ на 6 пластов (Чжан Дзяо, 2021 г.)*

Толщина пласта $N_{1g\text{верхняя}5^3}$ находится в пределах – 15~21 м, средняя толщина – 18 м. В связи с его большой толщиной данный пласт был разделён на три пласта ($N_{1g\text{верхняя}5^{3-1}}$, $N_{1g\text{верхняя}5^{3-2}}$ и $N_{1g\text{верхняя}5^{3-3}}$) для детального изучения распространения неколлекторских прослоев внутри пластов-коллекторов и непроницаемых слоёв между пластами-коллекторами (рисунок 1.3).

После проведения детальной геологической корреляции, был построен геологический профиль корреляции группы пластов-коллекторов $N_{1g\text{верхняя}5}$ (рисунок 1.4) и были сделаны следующие выводы:

- Глубина группы пластов-коллекторов $N_{1g\text{верхняя}5}$ находится в пределах 1255~1347 м, её толщина находится в пределах 38,2~47,6 м, со средней толщиной – 43 м.
- Группа пластов-коллекторов $N_{1g\text{верхняя}5}$ устойчиво распространяется в районе исследования.

Результаты детальной геологической корреляции группы пластов-коллекторов $N_{1g\text{верхняя}5}$ показаны в таблице (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Результаты детальной геологической
корреляции группы пластов-коллекторов N_{1g}Верхняя5

| Свита | Пачка | Группа пластов-коллекторов | Пласт | | Толщина пласта (м) | | |
|-----------------|---------|----------------------------|-------|-----|--------------------|-------|--------|
| | | | | | мин. | макс. | средн. |
| N _{1g} | Верхняя | 5 | 1 | – | 2,3 | 5,9 | 3,7 |
| | | | 2 | – | 1,4 | 5,5 | 3,5 |
| | | | 3 | 1 | 1,8 | 4,6 | 3,2 |
| | | | | 2 | 1,9 | 8,8 | 4,5 |
| | | | | 3 | 4,3 | 8,7 | 5,9 |
| | | | 4 | – | 6,4 | 10,2 | 8,6 |
| 5 | – | 4,6 | 9,4 | 6,4 | | | |
| 6 | – | 3,9 | 7,8 | 5,8 | | | |

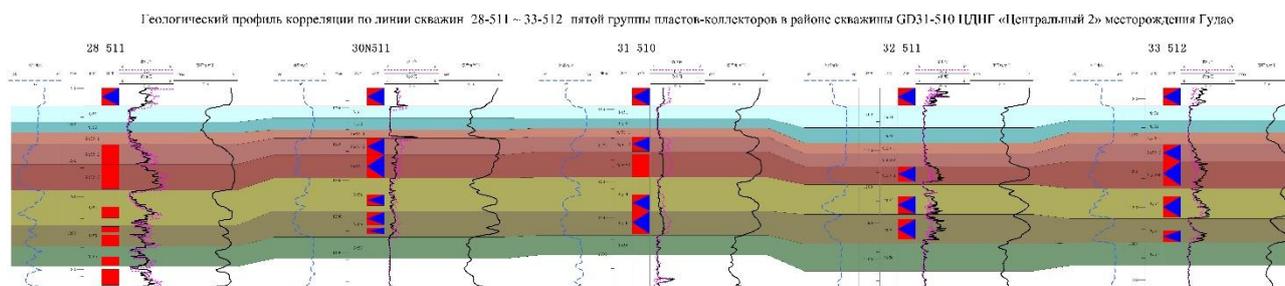


Рисунок 1.4. Геологический профиль
корреляции пятой группы пластов-коллекторов (Чжан Дзяо, 2021 г.)

2. Изучение характеристик пластов-коллекторов

2.1 Распространение осадочной фации

Распространение осадочной фации имеет важное значение для детального изучения пласта-коллектора и определения его неоднородности [3]. Осадочная фация группы пластов-коллекторов N_{1g}Верхняя5 относится к фации сплетённой реки. Сплетённая река – эта речная система, приуроченная к участку с более крутым уклоном и более высоким расходом воды, чем в случае меандрирующей реки¹.

Субфации сплетённой реки в основном включают русловую и пойменную субфации. Русловая субфация в основном включает две микрофации – русловые отложения и бар-осередок. Пойменная субфация в основном включает две микрофации – пойменное отложение и отложение пойменного озера.

Для определения фациальной принадлежности пород разреза используются определенные типовые формы каротажных кривых ГИС: колоколовидная форма – для русловых отложений; цилиндрическая форма для – бара-осередка; низкая амплитуда колоколовидной формы – для пойменного отложения и ровная форма – для отложения пойменного озера [4].

В соответствии с особенностями каротажных кривых вышеуказанных осадочных микрофаций были определены микрофации по каждой скважине; далее на основе определения

¹ Рыкус М.В. Седиментология терригенных резервуаров углеводородов. – Учебное пособие – Уфа: Мир печати, 2014. – 324 с.

микрофаций по каждой скважине было определено распространение микрофаций в латеральном направлении.

В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^4}$ микрофации включают бар-осередок, русловые отложения, пойменное отложение и отложение пойменного озера. Площадь каждой микрофации составляет от общей площади пласта: бар-осередок – 30 %, русловые отложения – 60 %, пойменное отложение – 5 % и отложение пойменного озера – 5 %.

В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-3}}$ микрофации включают бар-осередок, русловые отложения и отложение пойменного озера. Площадь каждой микрофации составляет от общей площади пласта: бар-осередок – 20 %, русловые отложения – 70 % и отложение пойменного озера – 10 %.

В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-2}}$ микрофации включают бар-осередок, русловые отложения, пойменное отложение и отложение пойменного озера. Площадь каждой микрофации составляет от общей площади пласта: бар-осередок – 10 %, русловые отложения – 75 %, пойменное отложение – 8 % и отложение пойменного озера – 7 %.

В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-1}}$ микрофации включают пойменное отложение и отложение пойменного озера. Площадь каждой микрофации составляет от общей площади пласта: пойменное отложение – 20 % и отложение пойменного озера – 80 %.

По результатам исследования можно отметить, что снизу вверх (с пласта $N_{1g_{\text{верхняя}}5^4}$ по пласт $N_{1g_{\text{верхняя}}5^3}$) русловая субфация постепенно уменьшается; пойменная субфация постепенно увеличивается. В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^4}$ субфации в основном включают русловую субфацию. В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-1}}$ преобладает лишь пойменная субфация.

2.2 Краткая микроскопическая характеристика пластов-коллекторов

Неглубоко залегающие пласты-коллекторы объекта исследования в основном состоят из слабосцементированных песчаников речного образования. Основные поры по генезису – первичные. Размеры пор пластов-коллекторов – 27–74 мкм, средний размер пор пластов-коллекторов – 32 мкм. Среднее значение объёма содержания глинистой фракции составляет 6,7 % от общего объёма пластов-коллекторов. Вышеуказанные результаты показывают, что данные пласты-коллекторы имеют хорошие коллекторские свойства.

2.3 Макроскопическая неоднородность пластов-коллекторов

Макроскопическая неоднородность пластов-коллекторов является важной задачей изучения макроскопической характеристики пластов-коллекторов [5]. Макроскопическая неоднородность пластов-коллекторов – это неоднородность распространения и коллекторских свойств пластов-коллекторов на макроскопическом уровне [5]. Изучение макроскопической неоднородности играет важную роль для регулирования и улучшения процесса разработки месторождения.

2.3.1 Циклическое изменение свойств

в вертикальном направлении внутри пласта-коллектора

Циклическое изменение свойств в вертикальном направлении внутри пласта-коллектора является закономерным изменением свойств в вертикальном направлении внутри пласта-коллектора [6]. Циклическое изменение свойств пласта-коллектора в основном включает зернистость, пористость и проницаемость.

Основные пласты-коллекторы в группе пластов-коллекторов $N_{1g\text{верхняя}5}$ в основном состоят из слабосцементированных песчаников аллювиальных фаций. Основная форма каротажных кривых группы пластов-коллекторов $N_{1g\text{верхняя}5}$ является колоколовидной формой (рисунок 2.1). Литологический состав снизу вверх: мелкозернистый песчаник, алевролит и глины. Зернистость снизу вверх уменьшается. Пористость и проницаемость снизу вверх уменьшаются от высокого к низкому.

Скважина 28-511

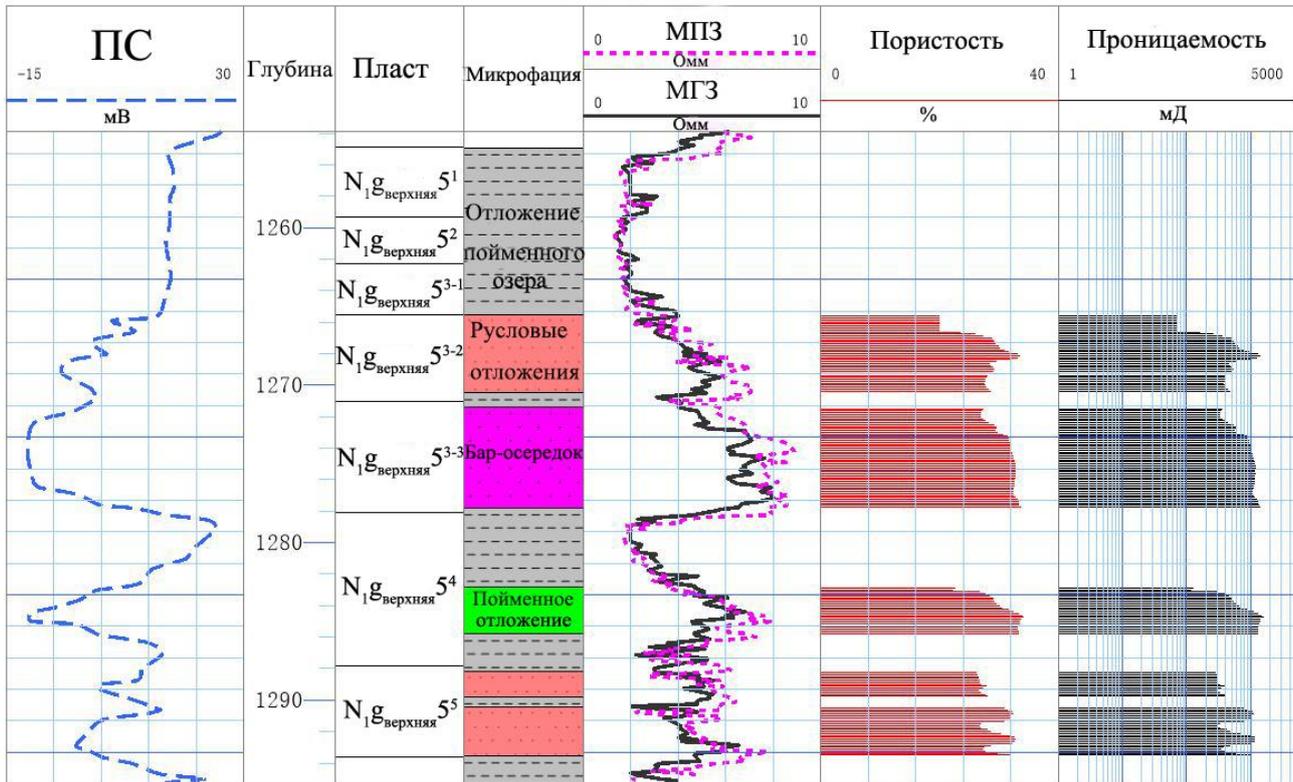


Рисунок 2.1. Типичные формы каротажных кривых пластов-коллекторов (колоколовидная форма) (Чжан Дзяо, 2021 г.)

2.3.2 Распределение проницаемости по пласту-коллектору

Распределение проницаемости по пласту-коллектору является важным параметром, с помощью которого количественно можно описывать степень неоднородности внутри пласта-коллектора [7]. Распределение проницаемости по пласту-коллектору в основном выражается по параметру коэффициента вариации проницаемости (V_k).

$$V_k = \frac{\sigma}{\bar{K}}, \quad (1)$$

где V_k – коэффициент вариации проницаемости;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - \bar{K})^2}{n-1}} \text{ – стандартное отклонение;} \quad (2)$$

K_i – проницаемость образца, мД;

$$\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i \text{ – средняя проницаемость образцов, мД;} \quad (3)$$

n – количество образцов.

Если $V_k \leq 0,5$ то имеет низкую неоднородность пласта-коллектора; если $0,5 < V_k \leq 0,7$ то имеет среднюю неоднородность пласта-коллектора; если $V_k > 0,7$ то имеет высокую неоднородность пласта-коллектора.

Коэффициент вариации проницаемости пласта $N_{1g_{\text{верхняя}}}^{5^4}$ находится в пределах 0,13~1,23, средний коэффициент вариации проницаемости – 0,6.

Коэффициент вариации проницаемости пласта $N_{1g_{\text{верхняя}}}^{5^{3-3}}$ находится в пределах 0,14~0,53, средний коэффициент вариации проницаемости – 0,76.

Коэффициент вариации проницаемости пласта $N_{1g_{\text{верхняя}}}^{5^{3-2}}$ находится в пределах 0,07~0,8, средний коэффициент вариации проницаемости – 0,73.

Коэффициент вариации проницаемости пласта $N_{1g_{\text{верхняя}}}^{5^{3-1}}$ находится в пределах 0,17~0,5, средний коэффициент вариации проницаемости – 0,58.

Полученные результаты показывают, что пласты $N_{1g_{\text{верхняя}}}^{5^{3-1}}$ и $N_{1g_{\text{верхняя}}}^{5^4}$ имеют среднюю неоднородность; пласты $N_{1g_{\text{верхняя}}}^{5^{3-2}}$ и $N_{1g_{\text{верхняя}}}^{5^{3-3}}$ имеют высокую неоднородность.

2.3.3 Латеральное распространение пластов-коллекторов

Латеральное распространение пластов-коллекторов можно описать по следующим параметрам: изменение толщины пластов-коллекторов, пористости и проницаемости по латерали [8].

Разные микрофации имеют разные толщины пластов-коллекторов в латеральном направлении. Толщина пластов-коллекторов в баре-осередке находится в пределах 5,8~8,6 м, средняя толщина – 6,8 м; в русловых отложениях находится в пределах 2,8~6,2 м, средняя толщина – 4,4 м; в пойменном отложении находится в пределах 0,6~2,7 м, средняя толщина – 1,4 м.

Вышеуказанные данные показывают, что толщина пластов-коллекторов в баре-осередке имеет самую большую толщину, толщина пластов-коллекторов в пойменном отложении имеет самую маленькую толщину.

Разные микрофации также имеют разные пористости и проницаемости. Пористость пластов-коллекторов в баре-осередке находится в пределах 25~39,3 %, средняя пористость – 33 %; проницаемость пластов-коллекторов в баре-осередке находится в пределах 366~4979 мД, средняя проницаемость – 1546 мД. Пористость пластов-коллекторов в русловых отложениях находится в пределах 27,5~38 %, средняя пористость – 34 %; проницаемость пластов-коллекторов в русловых отложениях находится в пределах 487~4625 мД, средняя проницаемость – 1632 мД. Пористость пластов-коллекторов в пойменном отложении находится в пределах 20~35,3 %, средняя пористость – 30 %; проницаемость пласта-коллектора в пойменном отложении находится в пределах 71~2512 мД, средняя проницаемость – 1060 мД.

Вышеуказанные данные показывают, что пласты-коллекторы в русловых отложениях имеют самые хорошие петрофизические свойства.

2.3.4 Литологическая связанность пластов-коллекторов

Коэффициент песчанистости является отношением эффективной мощности к общей мощности пласта в профиле скважины [9]. Данный коэффициент в основном выражает степень литологической связанности пластов-коллекторов.

Коэффициент песчанистости по формуле (4):

$$K_{п} = \frac{h_{эф.}}{h_{общ.}} \quad (4)$$

где $K_{п}$ – коэффициент песчаности;

$h_{эф.}$ – эффективная мощность пласта;

$h_{общ.}$ – общая мощность пласта.

В объекте исследования коэффициент песчаности находится в пределах 0,34~0,87, средний коэффициент песчаности – 0,61. Полученные результаты показывают, что между пластами-коллекторами существует литологическая связанность.

Внутрипластовый неколлекторский прослой – это прослой с низкой проницаемостью или его отсутствием, который распространяется внутри пласта-коллектора. Внутрипластовый неколлекторский прослой влияет на неоднородность и литологическую связанность пласта-коллектора.

Основные пласты-коллекторы в основном состоят из слабосцементированных песчаников речного образования. Внутрипластовые неколлекторские прослои в основном сложены глинистыми породами. Внутрипластовый неколлекторский прослой по каротажным кривым имеет следующие характеристики: заметная кривая инверсия (уменьшает амплитуду отрицательной аномалии) между песчаниками по каротажу ПС, некоторая даже близко к линии глин; меньшее значение МПЗ и МГЗ, кривые каротажных МПЗ и МГЗ в основном совпадают друг с другом (рисунок 2.2).

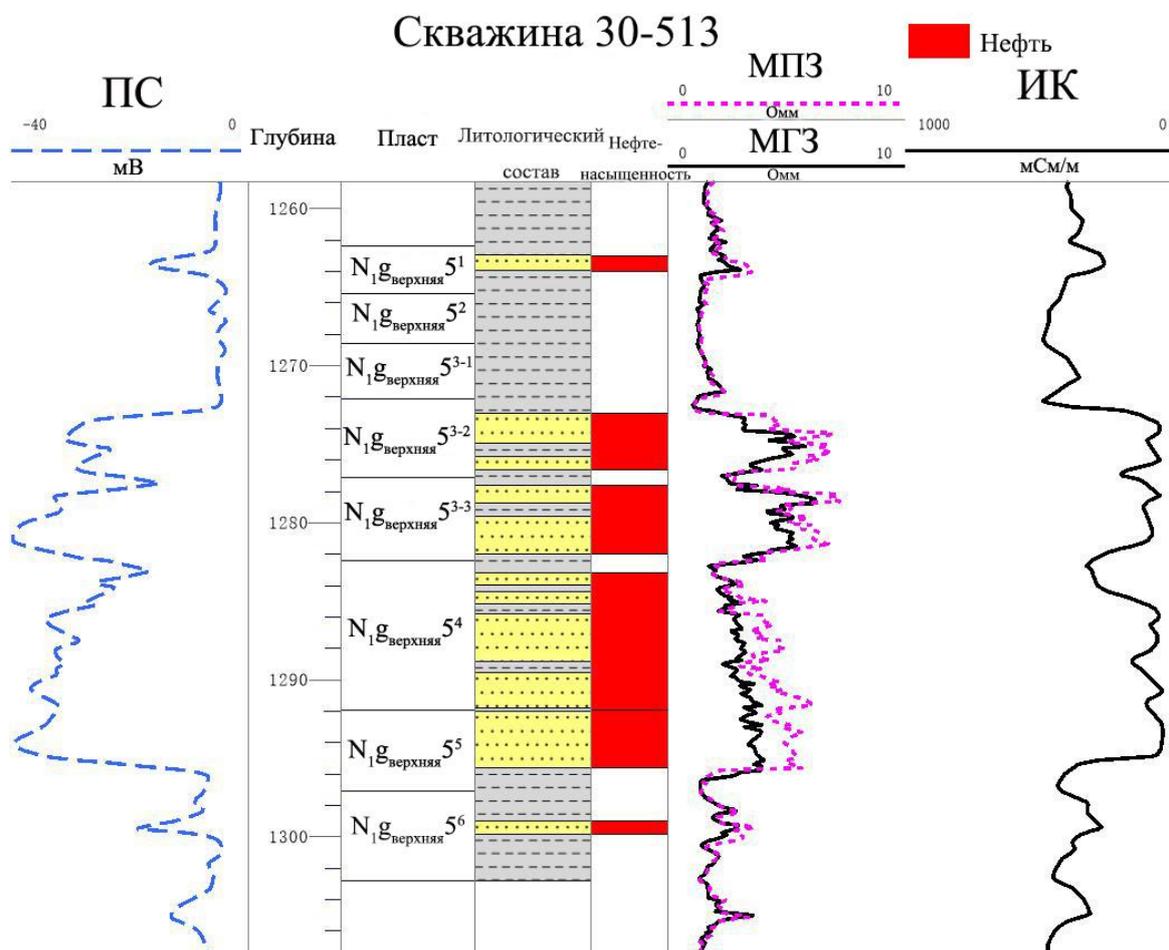


Рисунок 2.2. Определения внутрипластовых неколлекторских прослоев по каротажным кривым (Чжан Дэяо, 2021 г.)

Для описания внутрипластовых неколлекторских прослоев можно использовать коэффициент плотности распространения внутрипластовых неколлекторских прослоев [10]. Данный коэффициент выражает толщины внутрипластовых неколлекторских прослоев на метр пласта-коллектора. Данный коэффициент рассчитан по следующей формуле (5):

$$K_{\Gamma} = \frac{H_{\Gamma}}{H}, \quad (5)$$

где K_{Γ} – коэффициент плотности распространения внутрипластовых неколлекторских прослоев;

H_{Γ} – эффективная толщина внутрипластовых неколлекторских прослоев;

H – истинная толщина пласта-коллектора.

В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^4}$ среднее значение коэффициента плотности распространения внутрипластовых неколлекторских прослоев – 0,22 м/м.

В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-3}}$ среднее значение коэффициента плотности распространения внутрипластовых неколлекторских прослоев – 0,13 м/м.

В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-2}}$ среднее значение коэффициента плотности распространения внутрипластовых неколлекторских прослоев – 0,19 м/м.

В пласте $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-1}}$ среднее значение коэффициента плотности распространения внутрипластовых неколлекторских прослоев – 0,26 м/м.

Полученные данные показывают, что внутрипластовые неколлекторские прослои мало распространяются в пластах-коллекторах, они также мало влияют на неоднородность и литологическую связанность объекта исследования.

Межпластовый непроницаемый слой – это слой с отсутствием проницаемости, и он располагается между пластами-коллекторами. Межпластовый непроницаемый слой заметно влияет на неоднородность и литологическую связанность пласта-коллектора.

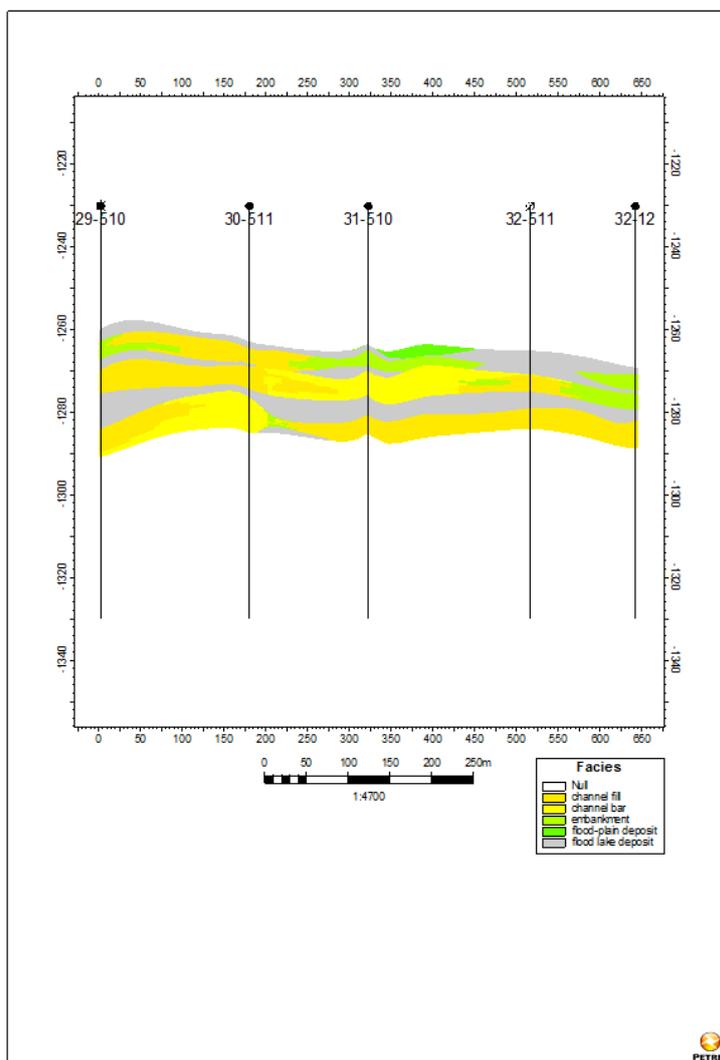
В объекте исследования они в основном сложены глинистыми породами. Снизу вверх межпластовый непроницаемый слой между пластами $N_{1g_{\text{верхняя}}5^4}$ и $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-3}}$ устойчиво распространяется по латерали, отсутствует литологическая связанность между ними, толщина межпластового непроницаемого слоя находится в пределах 0,2~7,8 м, средняя толщина – 3,7 м.

Межпластовый непроницаемый слой между пластами $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-3}}$ и $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-2}}$ слабо распространяется по латерали, площадь литологической связанности составляет около 38 % площади пластов-коллекторов, толщина межпластового непроницаемого слоя находится в пределах 0~6,4 м, средняя толщина – 1,1 м.

Межпластовый непроницаемый слой между пластами $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-2}}$ и $N_{1g_{\text{верхняя}}5^{3-1}}$ устойчиво распространяется по латерали, площадь литологической связанности составляет около 4,8 % площади пластов-коллекторов, толщина межпластового непроницаемого слоя находится в пределах 0~6,8 м, средняя толщина – 3,1 м.

В общем, средняя толщина межпластовых непроницаемых слоёв с пласта $N_{1g_{\text{верхняя}}5^4}$ по пласт $N_{1g_{\text{верхняя}}5^3}$ – 3,0 м.

Для того чтобы более наглядно показать распространение межпластовых непроницаемых слоёв в трёхмерном пространстве, была создана трёхмерная геологическая модель объекта исследования. По полученной модели был построен геологический профиль распространения осадочной фации объекта исследования (рисунок 2.3).



 channel fill (русловые отложения);  channel bar (бар-осередок);  embankment (береговой вал);  flood-plain deposit (пойменное отложение);  flood lake deposit (отложение пойменного озера)

Рисунок 2.3. Геологический профиль распространения осадочной фации объекта исследования по линии скважин 29-510~32-12 (Чжан Дэяо, 2021 г.)

Заключение

В данной работе использовались данные геофизических исследований скважин (ГИС) в соответствии с результатами лабораторных изучений кернового материала для выявления характеристик пластов-коллекторов. При изучении характеристик пластов-коллекторов акцент был сделан на латеральное распространение и литологическую связанность пластов-коллекторов.

В результате этих исследований сделаны следующие выводы:

1. По детальной геологической корреляции определена детальная стратиграфическая последовательность пластов. Границы между пластами прослеживаются чёткие.
2. Осадочная фация группы пластов-коллекторов N_{1g} верхняя-5 относится к фации сплетённой реки. Данные пласты-коллекторы имеют высокую пористость и проницаемость.

3. Макроскопическая неоднородность внутри пластов-коллекторов варьируется от средней до высокой степени. Толщина пластов-коллекторов в баре-осередке имеет самую большую толщину, толщина пластов-коллекторов в пойменном отложении имеет самую маленькую толщину. Пласты-коллекторы в русловых отложениях имеют самые хорошие петрофизические свойства.

4. Внутрипластовый неколлекторский прослой и межпластовый непроницаемый слой сложены глинистыми породами. В локальных частях между пластами существует литологическая связанность пластов-коллекторов. Создание трёхмерной геологической модели позволило нам количественно описать распространение межпластовых непроницаемых слоёв.

5. На основе полученных результатов изучения третьего и четвёртого пластов пятой группы пластов-коллекторов верхней пачки Гуантаоской свиты ($N_{1g\text{верхняя}5^3}$, $N_{1g\text{верхняя}5^4}$) в районе скважины GD31-510 цеха добычи нефти и газа (ЦДНГ) «Центральный 2» месторождения Гудао можно выработать методики для улучшения эффективности процесса разработки в данном районе.

6. Методику изучения продуктивных пластов в данной работе можно применять к другим аналогичным месторождениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lu Xianliang, Shu Qinglin, Zeng Xiangping, Liu Tongde.: Fine geological research of Gudao oilfield [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2005.
2. Li Yang, Liu Jianmin.: Reservoir development geology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007.
3. Jia Ailin.: Fine reservoir description and geological modeling technology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010.
4. Xiong Qihua, Wang Zhizhang, Wu Shenghe, et al.: Modern reservoir geology theory and technology [M]. Beijing: Science Press, 2010.
5. Sui Shaoqiang, Sun Lihong, Lai Shenghua.: Quantitative inquiry of reservoir heterogeneity [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2003, 10(4): 5–7.
6. Wang Zhenqi, Zhang Changmin, Zhang Shangfeng, et al.: Correlation technique and hierarchy division of oil-gas reservoirs [J]. Beijing: Oil & Gas Geology, 2002, 23(1): 70–74.
7. Lu Xiaoguang, Jiang Bin, Li Jie.: Reservoir determinable modeling method basing on dense pattern condition [J]. Daqing: Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2001, 20(5): 19–21.
8. Wu Shenghe, Jin Zhenkui, Huang Cangdian et al.: Reservoir modeling [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999.
9. Li Shaohua, Zhang Changmin, Yin Yanshu. Several stochastic modeling methods for fluvial reservoirs [J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute (Natural Science Edition), 2003, 18(5): 10–16.
10. Yu Xinghe, Chen Jianyang, Zhang Zhijie, et al.: Stochastic modeling for characteristics of petroleum reservoir constrained by facies [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 237–244.

Zhang Deyao

Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia
E-mail: 1610140068@qq.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3635-265X>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=1107855

Atse Yao Dominique Bernabe

Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia
E-mail: atsedominique@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-3541>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=869417

Khalikov Almir Nailevich

Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia
E-mail: almir94@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6801-3770>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1009274

Research on reservoir characteristics of the fifth sand group in the upper member of Guantao formation in the GD31-510 well area of the middle-2 district of Gudao oilfield (PRC)

Abstract. For 49 years, the development of the Gudao oilfield has significantly contributed to the development of the Chinese economy. The Gudao oilfield is at a late stage of development and is characterized by a significant decrease in the volume of hydrocarbon production, where the water cut is about 96 %. There is a low efficiency of the formation pressure maintenance process, as well as a weak oil displacement by the water injected into the formation. In this regard, measures aimed at improving the development process and increasing oil recovery are very urgent tasks. The solution to these problems is primarily based on a fine geological research. Studying the characteristics of reservoirs is one of the main tasks of a fine geological research. The results will be used for efficient oilfield development.

Firstly, this paper establishes fine reservoir stratigraphic sequence through fine stratigraphic correlation. Secondly, on the basis of fine stratigraphic correlation, the reservoir characteristics are studied. Reservoir characteristics include microscopic characteristics and macroscopic characteristics. It should be pointed out that, in the study of reservoir characteristics, focus on the lateral distribution of reservoir and reservoir connectivity, because it is related to the efficiency of the injection process.

The research results can be used to establish accurate and fine three-dimensional geological model, and provide reliable geological basis for the next development adjustment scheme.

The object of the research is the third and fourth layers of the fifth sand group in the upper member of Guantao formation in GD31-510 well area of the middle-2 district of Gudao oilfield.

Keywords: fine geological research; research on reservoir characteristics; lateral distribution of reservoir; reservoir connectivity; three-dimensional geological modeling; the fifth sand group in the upper member of Guantao formation; GD31-510 well area of the middle-2 district of Gudao oilfield