

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Институт природных ресурсов  
Кафедра геологии и разведки полезных ископаемых

*Курс лекций по дисциплине «Геологическая интерпретация геофизических исследований нефтегазовых скважин»*

**Раздел 3. Критерии выделения коллекторов по данным электрометрии скважин. Локальный прогноз распространения коллекторов**

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП  
**05.04.01 ГЕОЛОГИЯ**  
ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ (СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ)  
**«Нефтегазопромысловая геология»**  
КВАЛИФИКАЦИЯ: магистр  
Разработчик к.г.-м.н., доцент А.В. Ежова

# ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

По материалам совместной обработки геологических и геофизических данных составляются литофациальные и профильные геологические разрезы, литофациальные, структурные и другие карты.

## Структурные карты

Построение структурных карт по данным сейсмических методов основано на разделении геологического разреза на отдельные слои, отличающиеся характером и скоростью распространения в них упругих (сейсмических) волн. К этим методам относятся : метод отраженных волн (МОВ), корреляционный метод преломления волн (КМПВ) и другие. В настоящее время основным методом сейсморазведки является сейсмопрофилирование -- метод общей глубинной точки (МОГТ). В МОГТ применяют системы наблюдений с многократным (до 20 раз) прослеживанием отраженных волн по одним и тем же профилям с помощью цифровых сейсмостанций.

Полученные тем или иным способом данные используются для составления структурных карт по одному из опорных сейсмических горизонтов. На них изображаются в изогипсах условия залегания слоя, в котором расположен опорный горизонт.

Для построения структурных карт по данным промысловой геофизики предварительно выбирают поверхность (репер), по которой целесообразно составление карты, определяют в плане местности точки пересечения этой поверхности скважинами и вычисляют высотные отметки точек пересечения.

Высотные (абсолютные) отметки точек пересечения вычисляют с учетом искривления скважины (по данным инклинометрии) и положения устья скважины над уровнем моря.

Построение структурных карт сводится к проведению горизонталей поверхности, по которой строится карта. Положение точек, через которые проходят горизонталы, определяют путем пропорционального деления отрезков между скважинами.

Эти горизонталы указывают на глубину залегания поверхности, называются изогипсами, записываются со знаком минус. Такие карты дают характеристику рельефа поверхности слоя на современном этапе развития земной коры.

Однако при изучении условий формирования залежей углеводородов огромное значение имеет восстановление рельефа поверхности, на которой происходило накопление осадков. Изучению погребенного рельефа посвящена наука палеогеоморфология.

Эта наука изучает рельеф земной поверхности минувших геологических эпох, его морфологию, генезис, закономерности развития.

## ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

Рельеф подразделяется на наземный (субаэральный), подводный (субаквальный).

Объектами исследования палеогеоморфологии является погребенный рельеф.

Изучение развития погребенного рельефа проводится с помощью многих геологических и геофизических методов. Остановимся на двух из них, наиболее простых, позволяющих восстановить рельеф прошлого по данным промысловой геофизики.

### Метод реперных поверхностей

Основное назначение метода - восстановление первичного облика погребенного рельефа, измененного после захоронения. Рельеф изображается горизонталями по дискретному набору точек наблюдений.

Гипсометрическая карта строится по данным разрезов буровых скважин или их каротажных диаграмм. С этой целью в разрезах или каротажных диаграммах скважин выше восстанавливаемой поверхности выбирается стратиграфический горизонт, кровля или подошва которого принимается за опорную (реперную) поверхность. К нему предъявляются следующие требования:

- 1) широкое площадное распространение;
- 2) однородность литологического состава и органических остатков, указывающая на идентичность батиметрических условий седиментации на всей площади;
- 3) расположение опорного горизонта как можно ближе к реконструируемой поверхности ;
- 4) небольшой интервал времени между образованием реконструируемой поверхности и опорного горизонта.

Кровля (или подошва) опорного горизонта принимается за горизонтальную нулевую поверхность. От нее вниз по вертикали определяются расстояния до восстанавливаемой поверхности в метрах, которые и являются ее гипсометрическими отметками. Вычисленные расстояния берутся со знаком минус, а в тех местах, где опорный горизонт выклинивается на повышениях палеорельефа, - со знаком плюс. Таким образом получают характеристики гипсометрических особенностей погребенного рельефа.

Расстояния, вычисленные от опорного горизонта до изучаемой поверхности, для которой составляется палеогеоморфологическая карта, одновременно являются величинами мощностей отложений, залегающих между ними. Следовательно, фактически составляется карта изопахит, но она получает палеогеоморфологическое истолкование.

В качестве опорного горизонта наиболее предпочтительным является поверхность дна морского бассейна.

Эта поверхность представлена донными аккумулятивными морскими равнинами с однотипными литолого-фациальной и палеонтологической характеристиками.

Этим условиям отвечает поверхность подошвы баженовской свиты.

В качестве реперных поверхностей могут быть взяты погребенные субэральные аккумулятивные равнины и поверхности выравнивания. Но это не лучший вариант, так как их рельеф менее выровнен, чем рельеф донных равнин морской аккумуляции.

### **Метод анализа карт изопахит**

Наглядное представление о распределении мощностей дают карты изопахит. Они показывают площадное распределение мощностей, которое нередко закономерно или локально возрастают или уменьшаются.

Анализ карт мощностей осадков позволяет восстановить рельеф, существовавший до начала седиментации, получить его морфографическую характеристику, выделить отдельные формы, установить закономерности их распространения и развития на протяжении определенного этапа.

Главным фактором формирования мощностей осадочных толщ являются тектонические движения, которые проявляются через рельеф. Восходящие движения создают возвышенности, нисходящие приводят к образованию отрицательных форм рельефа, предопределяя тем самым области денудации и аккумуляции.

Тесная зависимость мощностей отложений от рельефа является основой, позволяющей использовать метод анализа мощностей в палеогеоморфологии для восстановления первичного облика погребенного рельефа как обширных территорий, так и отдельных участков.

Таким образом, между мощностями осадков и направлением тектонических движений существует прямая связь. Увеличение мощности свидетельствует о прогибании. Уменьшение мощности или полное отсутствие отложений конкретного этапа указывает на поднятие участка и выраженность его в рельефе возвышенностью.

Таким образом, для анализа условий формирования определенной толщи циклита необходимо провести палеогеоморфологические исследования, заключающиеся в построении:



## **Анализ карт рекомендуется проводить в следующем порядке**

1. На карте палеорельефа обосновать наличие палеоподнятий и палеовпадины.

2. На структурной карте указать современное положение поднятий и впадин.

3. Провести сравнительный анализ палеорельефа и современного рельефа поверхности изучаемого циклита, указать изменение местоположения возвышенных и пониженных участков.

4. На карте изопахит выделить участки повышенной мощности, соответствующие накоплению (аккумуляции) осадков.

5. Провести сравнительный анализ карт палеорельефа и изопахит; установить взаимосвязь распространения зон аккумуляции осадков с возвышенными или пониженными участками палеорельефа.

6. Установить приуроченность отложений циклита к определенным фациальным зонам. Так, повышение мощности отложений на палеоподнятиях указывает на переотложение осадков в результате активной волновой деятельности; в пределах полосовидных отрицательных форм – на деятельность течений. Уменьшение мощности отложений в своде и увеличение на крыльях поднятия свидетельствует о размыве этой возвышенности заполнение впадины продуктами разрушения.

## **ПОСТРОЕНИЕ КАРТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ**

Песчаное тело-ограниченное в пространстве скопление песчаного материала, образованного в определенных палеогеографических условиях и отделенного от других песчаных скоплений глинистыми или карбонатными отложениями.

Песчаные тела могли формироваться в различных обстановках осадконакопления и в зависимости от этого иметь ту или иную форму поперечного сечения, отличаться внутренним строением (текстурой и структурой), характером контактов с подстилающими и покрывающими осадками, строением зон выклинивания, мощностью, закономерностями пространственного распространения.

Все эти данные представляют собой первоначальные генетические признаки, сохраняющиеся в процессе литогенеза.

Они находятся в тесной зависимости от динамики среды седиментации: увеличение в осадке песчаной фракции, медианного размера зерен и уменьшение глинистой фракции свидетельствует о повышении динамики среды седиментации, т.е. увеличении скорости водных потоков, в то время как противоположные характеристики указывают на уменьшение энергетических уровней среды.

На участках, где преобладали высокие палеогидродинамические уровни среды седиментации, концентрировался наиболее грубый обломочный материал и формировались песчаные тела - коллекторы. В районах с пониженной палеогидродинамической активностью накапливались тонкодисперсные глинистые отложения.

Всего было выделено пять гидродинамических уровней (режимов): очень высокий, высокий, средний, низкий, очень низкий. Каждый из этих уровней характеризуется набором первоначальных признаков, отражающих динамическую активность среды седиментации (табл. 1).

Смена палеогидродинамических уровней оказалась зафиксированной в памяти Земли в виде конкретного геологического разреза с определенным изменением литологического состава, гранулометрии, текстурных признаков, характера контактов и т.д.

Наиболее информативным промыслово - геофизическим методом для получения литологической информации при исследовании терригенных пород получил метод самопроизвольной поляризации (ПС).

Отмечается корреляционная связь между амплитудой ПС, глинистостью и размерами зерен (Md).

Установив эти зависимости, В.С.Муромцев предложил схему интерпретации кривой ПС с выделением литологических разностей пород и типов коллекторов (рис. 1).

## **ПАЛЕОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ УРОВНИ, ОТРАЖАЮЩИЕ ДИНАМИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СРЕДЫ СЕДИМЕНТАЦИИ**

У Р О В Н И					
Литология	I Очень высокий	II Высокий	III Средний	IV Низкий	V Очень низкий
Породы	Песчаники крупно- и среднезернистые неглинистые	Песчаники средне- мелкозернистые	Песчано-алевриго-глинистые породы	Алевриты и глинисто-алевритовые породы	Алеврито-глинистые породы и глины
Гранулометрия	P <sub>фр</sub> - 70-95 % A <sub>фр</sub> - 5-10 % Г <sub>фр</sub> - 0-15 % Md > 0,25 мм Зерна гравия, галька	P <sub>фр</sub> - 50-70 % A <sub>фр</sub> - 5-20 % Г <sub>фр</sub> - 15-25 % Md - 0,1- 0,2 мм	P <sub>фр</sub> - 20-50 % A <sub>фр</sub> - 20-50 % Г <sub>фр</sub> - 20-50 % Md - 0,06 - 0,1 мм	P <sub>фр</sub> - 0-20 % A <sub>фр</sub> - 50-85 % Г <sub>фр</sub> - 15-50 % Md < 0,06 мм	P <sub>фр</sub> - 0-5 % A <sub>фр</sub> - 0-20 % Г <sub>фр</sub> - 50-90 % Md << 0,02 мм
Слоистость	Крупная косая, иногда сходящаяся или отсутствует. По границам серий - мелкая галька	Косая, косоволнистая. Серийные швы отчетливы	Мелкая косая, косоволнистая, иногда волнистая и горизонтальная. Серийные швы слабо заметны	Волнистая, линзовидная, горизонтальная	Горизонтальная или отсутствует
Следы размыва в основании	Всегда присутствуют в виде конгломератовидных пород	Всегда присутствуют в виде конгломератовидных пород	Слабо выражены в виде мелких окатышей или отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют



На участке терригенного разреза скважины выделяют линию глин (по минимальным отклонениям ПС) и линию песков (по максимальным отклонениям ПС).

Расстояние между линиями глин и песков принимается за единицу и разделяется на пять отрезков (через значение  $\alpha_{\text{пс}}=0,2$ ), а также проводится линия  $\alpha_{\text{пс}}=0,5$ , которая рассматривается как разделительная между песчаниками и алеврито – глинистыми породами.

Интервал значений  $\alpha_{\text{пс}}=0-0,2$  соответствует глинам и алеврито - глинистым породам, формирование которых происходило при очень низком (пятом) палеогидродинамическом уровне среды седиментации. Для интервала значений  $\alpha_{\text{пс}} =0,2-0,4$  характерно наличие алевролитов и глинисто-алевролитовых пород, накапливавшихся при низком (четвертом) уровне среды седиментации. Интервал  $\alpha_{\text{пс}}=0,4-0,6$  отвечает смешанным песчано–алеврорито-глинистым породам, отлагавшимся при среднем (третьем) гидродинамическом уровне. Интервалу  $\alpha_{\text{пс}}=0,6-0,8$  соответствуют песчаники мелкозернистые в различной степени глинистые, образовавшиеся при высоком уровне.

Интервал  $\alpha_{\text{пс}}=0,8-1,0$  отвечает распространению песчаников крупно-среднезернистых, формирование которых происходило при очень высоком первом палеогидродинамическом уровне среды седиментации.

Каждому интервалу  $\alpha_{\text{пс}}$  соответствуют определенные типы коллекторов: 0,8-1,0 – А; 0,6-0,8 – Б; 0,4-0,6 – В.

Установление таких типов коллекторов носит прогнозный характер и позволяет провести сравнительную оценку преобладающего развития тех или иных классов коллекторов на площади. Более точное соответствие между значениями  $\alpha_{\text{пс}}$  и коллекторскими свойствами достигается при изучении коллекторов по аналитическим исследованиям при выделении классов керна по данным пористости и проницаемости.

Для построения карт изменения коэффициента песчаности и распространения коллекторов заполняется таблица № 2. Данные для нее получают следующим образом:

1. На разрезах всех изучаемых скважин провести линию глин, характеризующуюся минимальным отклонением ПС.

2. Сопоставив все изучаемые разрезы скважин, выделить на одной из них участок, характеризующийся максимальным отрицательным отклонением ПС.

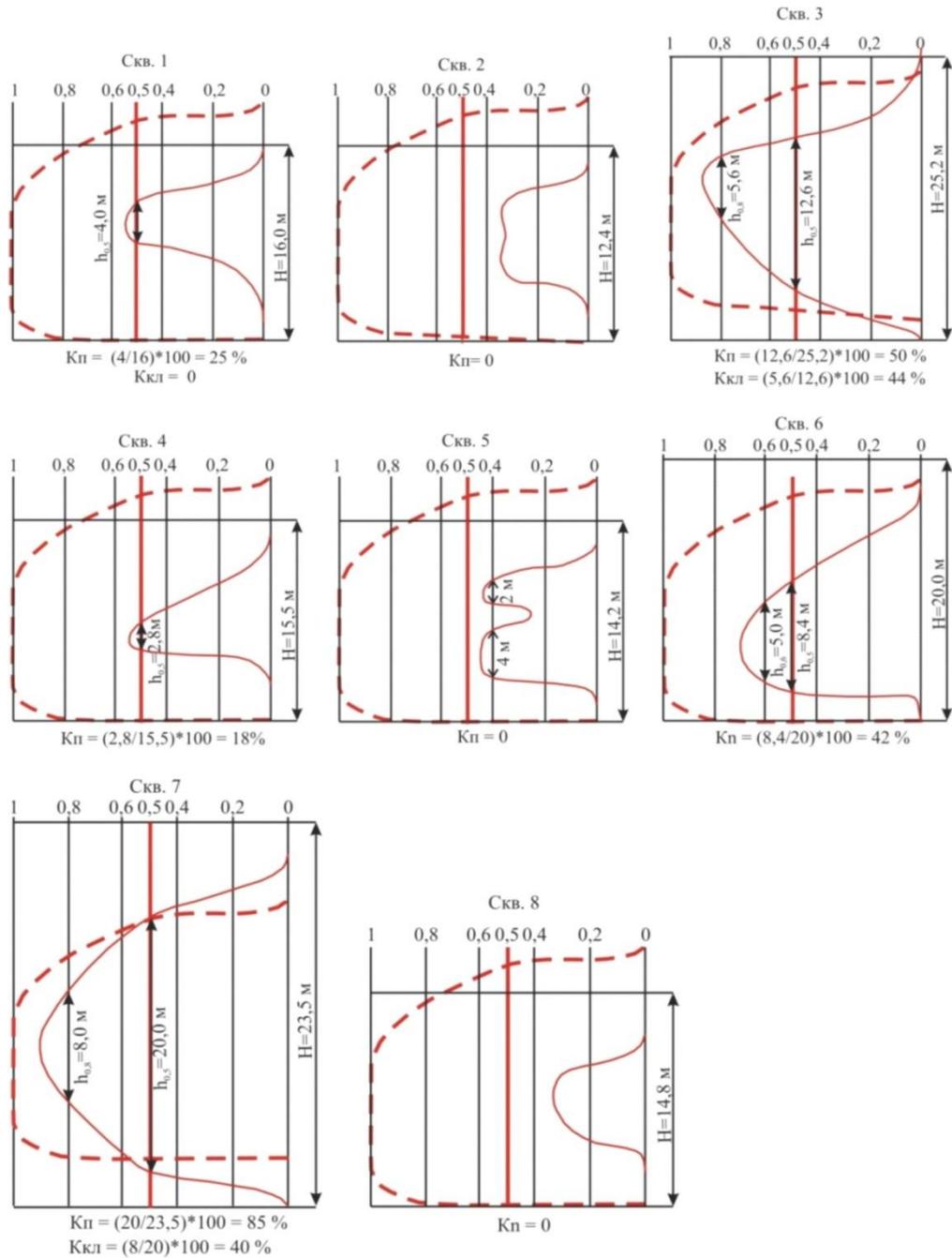
**ДАННЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ЦИКЛИТА Ю<sub>1</sub><sup>3</sup> Н  
НА ЮГО-ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА СЕВЕРО - ВАХСКОЙ ПЛОЩАДИ**

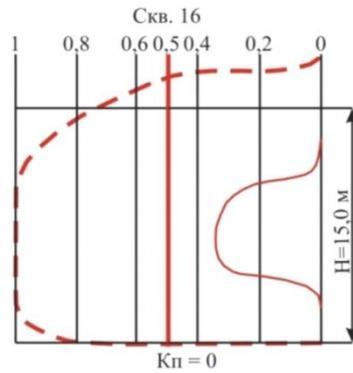
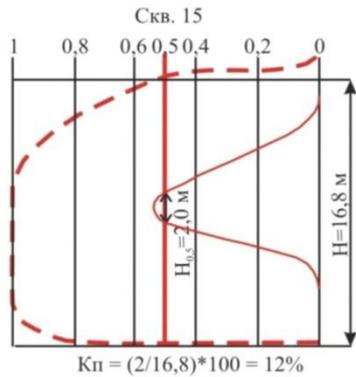
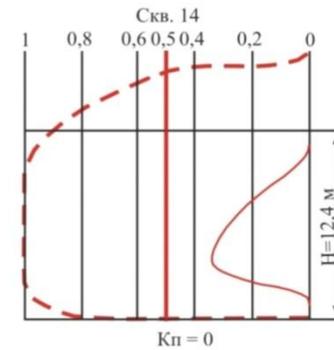
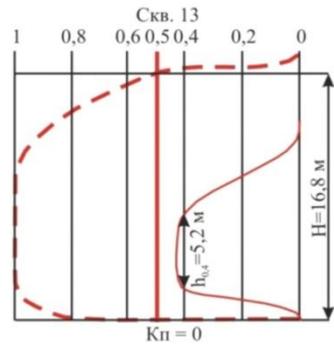
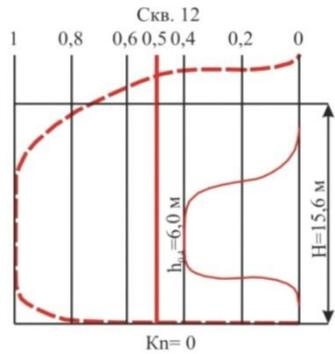
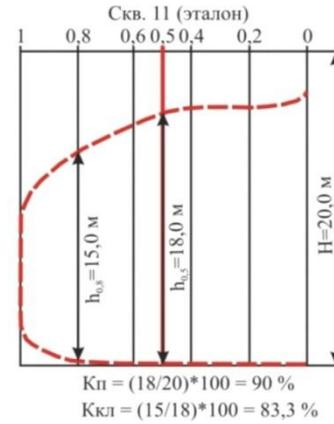
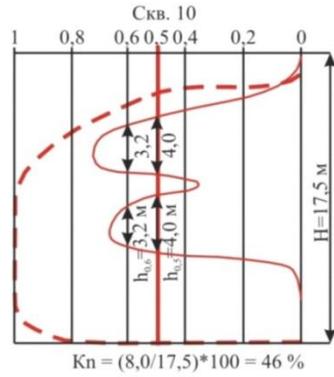
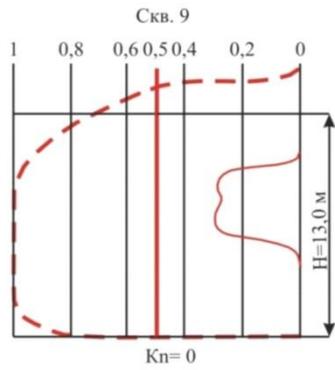
№ п/п	№ Скв.	Координаты		Мощность, м		Коэф. песчанис- тости, %	Литологический состав по $\alpha_{пс}$					
				общая Н	песчаников, м ( $\alpha_{пс}>0.5$ ) h		тип коллектора			некол- лекто р	покр ыш- ка	
		А 1-0,8	Б 0,8-0,6				В 0,6-0,4	0,4-0,2	0,2-0			
1.	1031	10	15	20	10	50	2					
2.	1024	12	18	30	6	20		4				

3. Расстояние между минимальным и максимальным отклонениями ПС в этой скважине разделить пополам ( $\alpha_{пс}=0,5$ ) и на пять отрезков (через  $\alpha_{пс}=0,2$ ).

4. Линию глин каждой скважины совместить с линией глин полученного эталона и подсчитать мощность пород на вертикальном отрезке кривой ПС, пересекающей соответствующую линию на эталоне.

5. Мощность песчаников определить на вертикальном отрезке кривой ПС каждой скважины при пересечении ее с линией  $\alpha_{пс} = 0,5$  на эталоне.





6. Определить значение коэффициента песчаности по формуле:

$$K_{\Pi} = \frac{h}{H} * 100\% \quad , \text{ где } h\text{-мощность песчаников;} \\ H\text{-общая мощность циклита.}$$

По этим данным построить карту изменения коэффициента песчаности циклита.

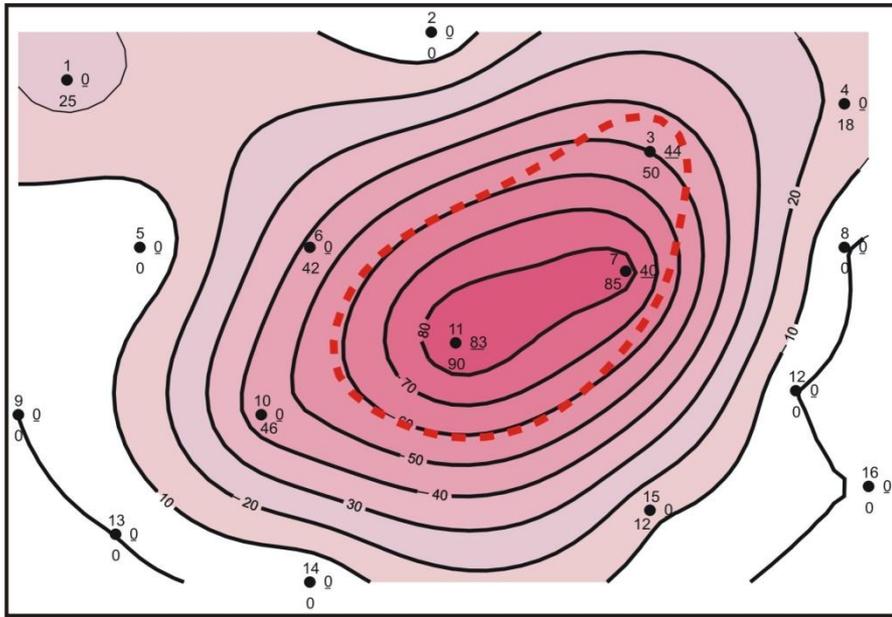
7. Для построения карты распространения коллекторов нанести обозначения типов коллекторов около каждой скважины и выделить участки распространения определенного типа соответствующей штриховкой.

8. При анализе карт распространения коллекторов учесть изменение мощности каждого типа коллектора.

9. При отсутствии коллектора, составляющего циклит, построить карту изменения литологического состава (по значениям  $\alpha_{\text{пс}}$ ).

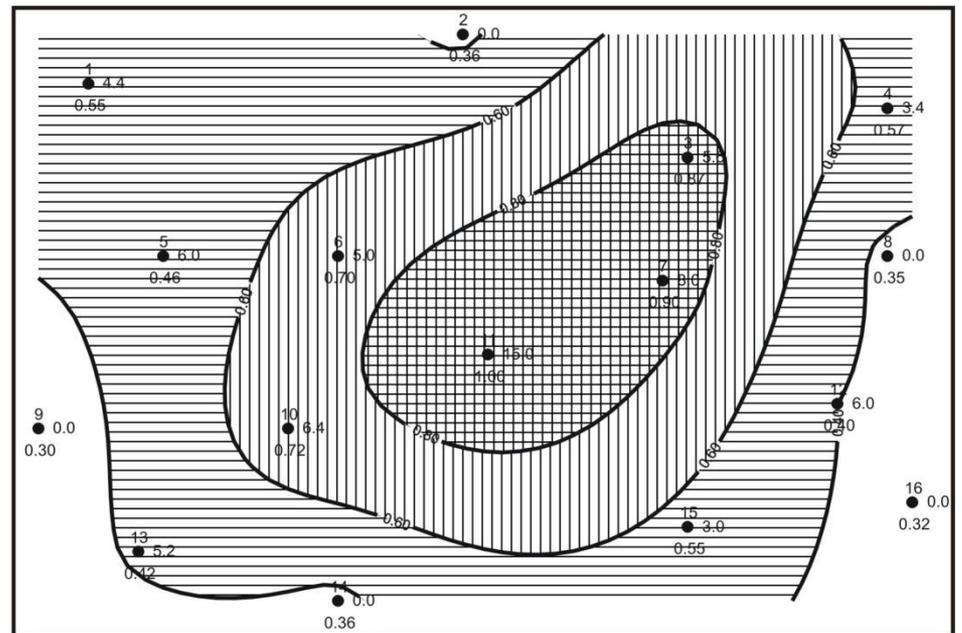
10. При сопоставлении карт песчаности и распространения коллекторов установить взаимосвязь этих параметров.

В заключение всей проделанной работы делается вывод о строении циклита, изменении его мощности и состава, условий его формирования, соответствия современному структурному плану и дается прогноз дальнейшего проведения геолого – разведочных работ и составления схем разработки залежи.



*Карта коэффициентов песчаности и  
класичности*

*Карта распространения коллекторов*



## Список использованной литературы

### Основная учебная литература

1. Ежова А. В. Геологическая интерпретация геофизических данных: Учебное пособие. – Томск, Изд. ТПУ, 2009. – 114 с.

### Дополнительная учебная литература

1. Кародин Ю.Н., Гайдебурова Е.А. Системные исследования слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов (по комплексу промыслово-геофизических данных). – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. – 108с.