

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

Кафедра геофизики

**«Определение подсчетных параметров по данным ГИС для составления  
геологической модели на примере Ветлужского месторождения»**

**АВТОРЕФЕРАТ К МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЕ**

Студента 2 курса 261 группы  
направление 05.04.01 геология  
профиль «геофизика при поисках нефтегазовых месторождений»  
геологического ф-та  
Завертяевой Кристины Андреевны

**Научный руководитель**

К. г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2021

**Введение.** Геологическое моделирование – это способ представления о геологическом строении объекта, его геометрии, стратиграфии, литологофациальной характеристике пластов-коллекторов, об изменении их эффективных толщин и коллекторских свойств – пористости и проницаемости по площади и разрезу, газонефтенасыщенности отдельных пропластков, гидрогеологической характеристике, величине запасов нефти и газа.

Статические геологические модели месторождений в настоящее время являются основой для подсчета запасов углеводородов, проектирования скважин и моделирования движения флюидов в этом месторождении.

Построение и практическое использование моделей необходимо на всех стадиях изучения, начиная от процесса поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений и заканчивая выработкой остаточных запасов. При этом модель выполняет функцию интеграции геологических и технологических знаний об объекте. Геологическая модель включает в себя различные карты, схемы корреляции, кубы распределения ФЕС и др.

Цель выпускной квалификационной работы – определение подсчетных параметров пласта В5 артинского яруса Ветлужского месторождения для составления модели месторождения.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- сбор и анализ фактического материала по Ветлужскому месторождению;
- интерпретация данных геофизического исследования скважин;
- определение коэффициентов пористости, проницаемости и нефтенасыщенности;
- создание модели Ветлужского месторождения.

Выпускная квалификационная работа состоит из восьми разделов:

- 1 Геологическая характеристика района;
- 2 Понятие геологической модели;
- 3 Геофизические исследования Ветлужского месторождения;
- 4 Методика интерпретации данных геофизического исследования скважин Ветлужского месторождения;

- 5 Физико-литологическая характеристика коллекторов продуктивных пластов и покрышек по керну;
- 6 Определение значений петрофизических параметров;
- 7 Определение коэффициента нефтенасыщенности коллекторов;
- 8 Построение литологических моделей залежей и пространственное распределение фильтрационно-емкостных свойств основных литолого-петрофизических параметров.

**Основное содержание работы.** Магистерская работа посвящена интерпретация данных геофизического исследования скважин Ветлужского месторождения для создание геологической модели месторождения.

В первом разделе «**Геологическая характеристика района**» описывается физико-географический очерк территории, водный режим, тектоническое строение, нефтегазоносность и геолого-геофизическая изученность территории.

Ветлужское месторождение открыто в 2018 г. в результате бурения и испытания поисково-оценочной скважины № 15, при опробовании которой из отложений продуктивного пласта В5 артинского яруса получен приток нефти. Объектом работ является продуктивный пласт В5 артинского яруса.

Во втором разделе «**Модели месторождения**» рассматривается понятие и виды геологических моделей, существующие размерности моделей, правила построение литологических моделей залежей и распределения фильтрационно-емкостных свойств, представлен итоговый вид геологической модели, а так же формула для дальнейшего подсчета запасов на данном месторождении.

*Геологическая модель* – это сконцентрированная система знаний о геологическом объекте, согласованная с набором геолого-геофизических и промысловых данных, полученных к определенному моменту времени. *Геологическая модель* включает данные о тектоническом строении объекта, его геометрии, стратиграфии, литолого-фациальной характеристике пластов-коллекторов, об изменении их эффективных толщин ( $h_{эф}$ ) и коллекторских свойств – пористости и проницаемости по площади и разрезу,

газонефтенасыщенности отдельных пропластков, гидрогеологической характеристике, величине запасов нефти и газа месторождения.

Размерность геологических моделей определяется областью их практического использования, детальностью исследования. Различают одномерные (1D), двухмерные, двух с половиной мерные (2.5D) и трёхмерные слоистые и 3D полнообъёмные модели. Ограничимся описанием наиболее применяемых размерностей в настоящее время – одно-, двух- и трёхмерных моделей.

Во третьем разделе **«Геофизические исследования скважин. Методика и результаты интерпретации данных ГИС»** рассматривается комплекс, объем, интервалы и виды выполненных геофизических исследований, качество полученных материалов, методика интерпретации и определение фильтрационно-емкостных свойств продуктивного пласта артинских отложений.

В процессе работы были проанализированы материалы геофизических исследований, выполненных в скважинах № 13, 15 Ветлужского месторождения, а также результаты опробования, ГДИ и исследований проб нефти для определения фильтрационно- емкостных свойств.

Геофизические исследования выполнялись серийными каротажными станциями, укомплектованными комплексными скважинными приборами. В основном, все виды исследований проводились в соответствии с «Технической инструкцией на проведение промыслово-геофизических исследований в скважинах».

Выполненный комплекс ГИС в скважинах содержит все необходимые методы, несущие информацию об основных свойствах породы.

В четвертом разделе **«Методика интерпретации данных геофизического исследования скважин Ветлужского месторождения»** рассматриваются прямые качественные и косвенные признаки выделения коллекторов. Методика определения пород коллекторов, определение глинистости пластов-коллекторов, методика определения характера насыщения пластов данной работы, описывается объём исследований по изучению свойств

пород, методика исследования образцов керн. Характер насыщения коллекторов определялся на основании анализа материалов ГИС, результатов испытания и опробования, проведенных в скважинах №13,15 Ветлужского месторождения.

В пятом разделе **«Физико-литологическая характеристика коллекторов продуктивных пластов и покрышек»** описываются интервалы отбора керн, результаты, полученные по итогу проведения лабораторных исследований керн, произведена обработка и интерпретация результатов геофизических исследований а так же сопоставление результатов исследования керн и интерпретации данных ГИС.

При бурении скважины был отобран керн из продуктивных отложений артинского яруса в интервале глубин 702,6 -732,2 м. Керн данного интервала отбирался двумя долблениями без промежутков между ними. Вынос керн составил 100%. При привязке керн к каротажу, керн передвинут вниз на 2 м.

Отбор каменного материала производился в интервалах 702,6-721,2м и 721,2-732,2м, включающие артинские отложения  $P_{1ar}$ , являющиеся объектом исследования. Из приведенных интервалов в сумме поднято 29,6м керн, что составило 100% от проходки. При этом 8,3м составляют породы пласта В5, принадлежащего артинскому ярусу. В общей сложности по керну артинских отложений из скважины №13 было исследовано 95 образцов на пористость (в том числе 81 цилиндр, 10 кубов и 4 куса неправильной геометрической формы) и 91 образец на проницаемость (в том числе 81 цилиндр и 10 кубов). Среди указанного количества образцов непосредственно на пласт В5 приходится 52 определения пористости и 50 определений проницаемости (42 цилиндра и 8 кубов). Освещенность эффективных нефтенасыщенных толщин пласта В5 керном составляет 100%. В таблице 3.1 и 3.2 приведены сведения об объемах отбора керн по скважине №13.

Коэффициент пористости ( $K_{п\_кern}$ ) для всей выборки образцов изменяется от 0,26% до 20,63% (95 образца). Среднее значение пористости составляет 6,22%. Пористость образцов, отобранных из коллекторной части пласта изменяется от 7,5 до 20,63 %. При определении средних значений ФЕС

продуктивного пласта В5 учитывались только те образцы, которые при привязке керна к каротажу по местоположению попали в границы эффективных нефтенасыщенных толщин.

Минералогическая плотность образцов (95 образца) изменяется от 2,709 до 2,929 г/см<sup>3</sup>. Средняя плотность составляет 2,82г/см<sup>3</sup>. Объемная плотность варьирует от 2,13 до 2,85 г/см<sup>3</sup>. Средняя величина равна 2,61 г/см<sup>3</sup>.

В шестом разделе **«Определение значений петрофизических параметров»** рассматривается методика определения подсчетных параметров по данным геофизического исследования скважин и приводится конечный результат.

К фильтрационно-емкостным свойствам (ФЕС) относятся коэффициенты пористости (Кп) и проницаемости (Кпр). Оценка емкостной характеристики (Кп) продуктивных отложений пласта В5 артинского яруса скважины №13 Ветлужского месторождения проводилась по данным количественной интерпретации.

Для определения пористости коллекторов применялись методы радиоактивного каротажа (РК, ГГК-П) и акустического каротажа (АК).

Радиоактивный каротаж является одним из основных методов определения пористости. Главным условием его успешного применения является проведение измерений строго стандартизированной аппаратурой. Материал кривых НГК по Ветлужскому месторождению хорошего и удовлетворительного качества.

Абсолютная погрешность единичного определения Кп составляет «<sup>+</sup>/<sub>-</sub>»2-4% при использовании данных НГ, ГГКп и АК. В качестве принятых значений Кп для пласта В5 использовалась пористость, рассчитанная по НГК, правильность выбранной методики интерпретации подтверждает тот факт, что принятые значения пористости хорошо коррелируются с пористостью по керну.

Таблица 1 - Сопоставление пористости по ГИС и по керну скважины № 13

| №  | пласт | Кровля коллектора | Подошва коллектор | Кп керн, %<br>Кол.опред. | Кп ГИС, % | Абс. погрешность, % |
|----|-------|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------|---------------------|
| 13 | В5    | 722,4             | 723,2             | $\frac{11}{7}$           | 11,7      | 0,7                 |
|    |       | 723,7             | 724,3             | $\frac{13,5}{6}$         | 12,8      | -0,7                |
|    |       | 724,3             | 725,3             | $\frac{12,0}{7}$         | 9,5       | 2,5                 |
|    |       | 725,9             | 727,0             | $\frac{11,3}{5}$         | 13,3      | 2,0                 |
|    |       | 727,5             | 728,3             | $\frac{10,6}{6}$         | 14,0      | 3,4                 |

Определение средневзвешенного значения коэффициента пористости для залежи продуктивного пласта В5 артинского яруса приведено в таблице 2. В соответствии с данной таблицей средневзвешенное значение пористости в скважинах Ветлужского месторождения для пласта В5 артинского яруса равно 11.9%.

Таблица 2 - Расчет средневзвешенной величины коэффициента пористости коллекторов

| №скв.  | Пласт | Границы пропластков, м |         | Абс. отметка пропластка, м |         | Нн, м | Кп, % | Н*Кп | Кп ср взв   |
|--|-------|------------------------|---------|----------------------------|---------|-------|-------|------|-------------|
|  |       | кровля                 | подошва | кровля                     | подошва |       |       |      |             |
| 1  | 2     | 3                      | 4       | 5                          | 6       | 7     | 8     | 10   | 12          |
| 13   | В5    | 722.4                  | 723.2   | -590.8                     | -591.6  | 0.8   | 11.7  | 9.4  |             |
|  |       | 723.7                  | 724.3   | -592.0                     | -592.6  | 0.6   | 12.8  | 7.7  |             |
|  |       | 724.3                  | 725.3   | -592.6                     | -593.6  | 1.0   | 9.5   | 9.5  |             |
| <b>Итого по нефтенасыщенной части пласта</b> |       |                        |         |                            |         | 2.4   |       | 26.6 | <b>11.1</b> |
| 15   | В5    | 719.3                  | 719.9   | -588.6                     | -589.2  | 0.6   | 8.5   | 5.1  |             |
|  |       | 721.6                  | 723.4   | -590.9                     | -592.6  | 1.7   | 10.8  | 18.4 |             |
|  |       | 723.4                  | 724.4   | -592.6                     | -593.6  | 1.0   | 17.5  | 17.5 |             |
| <b>Итого по нефтенасыщенной части пласта</b> |       |                        |         |                            |         | 3.3   |       | 41.0 | <b>12.4</b> |
| <b>Итого по нефтенасыщенной части пласта</b> |       |                        |         |                            |         |       |       | 67.6 | <b>11.9</b> |

Геофизическими методами проницаемость выделенных коллекторов не определялась.

Расчет коэффициент проницаемости (Кпр) пластов-коллекторов выполнен по зависимостям, установленным на собственном керне. Коэффициент проницаемости Кпр для коллекторов пласта В5 равен 0.0018мкм<sup>2</sup>

Материалом по определению проницаемости послужил керн, отобранный из скважины №13 Ветлужской структуры Ветлужского лицензионного участка Самарской области в 2014 году.

Средний коэффициент проницаемости по залежи пласта В5 артинских отложений Ветлужского месторождения составляет 0,0018мкм<sup>2</sup>.

В седьмом разделе «**Определение коэффициента нефтенасыщенности коллекторов**» рассматривается методика определения подсчетных параметров по данным геофизического исследования скважин и приводится конечный результат.

Коэффициент нефтенасыщенности продуктивных коллекторов артинского яруса определялся по коэффициенту увеличения сопротивления (параметру насыщения Рн). Величина Рн определяется как отношение рп/рвп, где рп и рвп - удельное электрическое сопротивление пласта при данном насыщении и при 100% водонасыщении соответственно.

В основу определения коэффициента нефтенасыщенности были положены петрофизические зависимости, полученные по результатам данных ФЕС керна, отобранного из скважины №13 Ветлужской.

Расчет средневзвешенной величины коэффициента нефтенасыщенности представлен в таблице 3, в соответствии которой средневзвешенное значение коэффициента нефтенасыщенности для пласта В5 артинского яруса составляет – 71,4%.

Таблица 3 Расчет средневзвешенной величины коэффициента нефтенасыщенности коллекторов

| №скв.  | Пласт | Границы пропластков, м |         | Абс. отметка пропластка, м |         | Нн, м | Кп, % | Кн, % | Н*Кп | Н*Кп*Кн | Кн ср взв   |
|--|-------|------------------------|---------|----------------------------|---------|-------|-------|-------|------|---------|-------------|
|  |       | кровля                 | подошва | кровля                     | подошва |       |       |       |      |         |             |
| 1  | 2     | 3                      | 4       | 5                          | 6       | 7     | 8     | 9     | 10   | 11      | 13          |
| 1  | В5    | 722.4                  | 723.2   | -590.8                     | -591.6  | 0.8   | 11.7  | 76.4  | 9.4  | 718.2   |             |
|  |       | 723.7                  | 724.3   | -592.0                     | -592.6  | 0.6   | 12.8  |       |      |         |             |
|  |       | 724.3                  | 725.3   | -592.6                     | -593.6  | 1.0   | 9.5   | 64.5  | 9.5  | 612.8   |             |
| <b>Итого по нефтенасыщенной части пласта</b> |       |                        |         |                            |         | 2.4   |       |       | 18.9 | 1331.0  | <b>70.4</b> |
| 2  | В5    | 719.3                  | 719.9   | -588.6                     | -589.2  | 0.6   | 8.5   |       |      |         |             |
|  |       | 721.6                  | 723.4   | -590.9                     | -592.6  | 1.7   | 10.8  | 74.1  | 18.4 | 1363.4  |             |

|  |  |       |       |        |        |     |      |      |      |        |             |
|--|--|-------|-------|--------|--------|-----|------|------|------|--------|-------------|
|  |  | 723.4 | 724.4 | -592.6 | -593.6 | 1.0 | 17.5 | 69.5 | 17.5 | 1216.3 |             |
| <b>Итого по нефтинасыщенной части пласта</b> |  |       |       |        |        | 3.3 |      |      | 35.9 | 2579.7 | <b>71.9</b> |
| <b>Итого по нефтенасыщенной части пласта</b> |  |       |       |        |        |     |      |      | 54.8 | 3910.7 | <b>71.4</b> |

Расчет коэффициент проницаемости (Кпр) пластов-коллекторов выполнен по зависимостям, установленным на собственном керне.

Расчет параметра пористости, проницаемости и нефтенасыщенности в данной работе произведен с учетом исследования ФЕС керна скважины №13. В качестве подсчетных параметров рекомендуются следующие данные.

Для пласта В5 артинского яруса были приняты следующие параметры: коэффициент пористости 11,9 %, коэффициент проницаемости 0,0018 мкм, коэффициент нефтеносности 71,4%.

### **В восьмом разделе «Построение литологических моделей залежей и распределения фильтрационно-емкостных свойств»**

Построение литологических моделей и распределение фильтрационно-емкостных свойств выполнено на основании результатов интерпретации данных ГИС по скважинам.

Основываясь на полученные фильтрационно-емкостные данные, а так же отметки кровли и подошвы залегания пласта-коллектора В5 артинского яруса и карты эффективных нефтенасыщенных толщин пласта В5 (рисунок 1) была отстроена геологическая модель Ветлужского месторождения для пласта В5 артинского яруса.

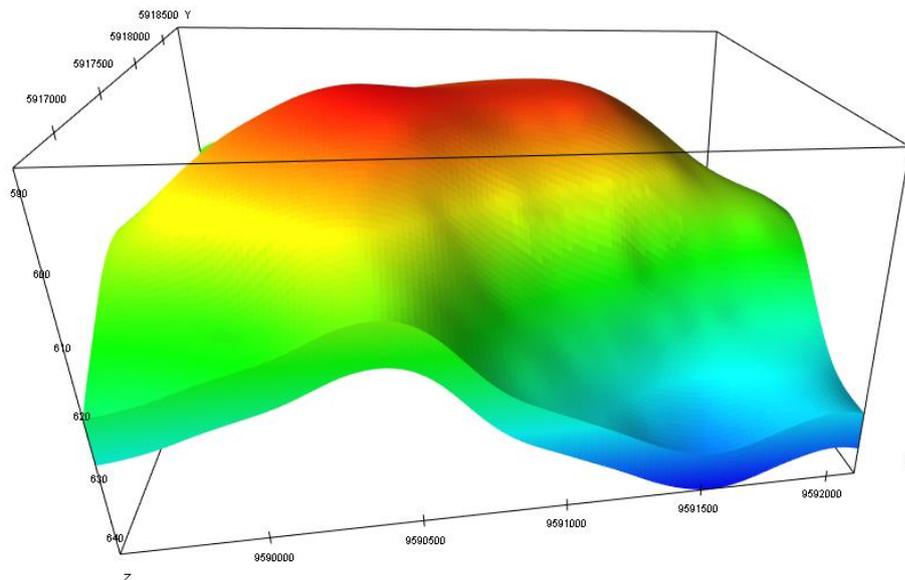


Рисунок 1– Геологическая модель. Трехмерная сетка

Распределение параметра литологического расчленения (рисунок 2) проводилось в модуле Petrophysic, на основе непрерывной кривой условного параметра песчаности, полученной из дискретной кривой литологического расчленения (коллектор/неколлектор). В качестве трендового параметра использовался трендовый параметр, построенный на основе карты песчаности и геолого-статистические разрезы.

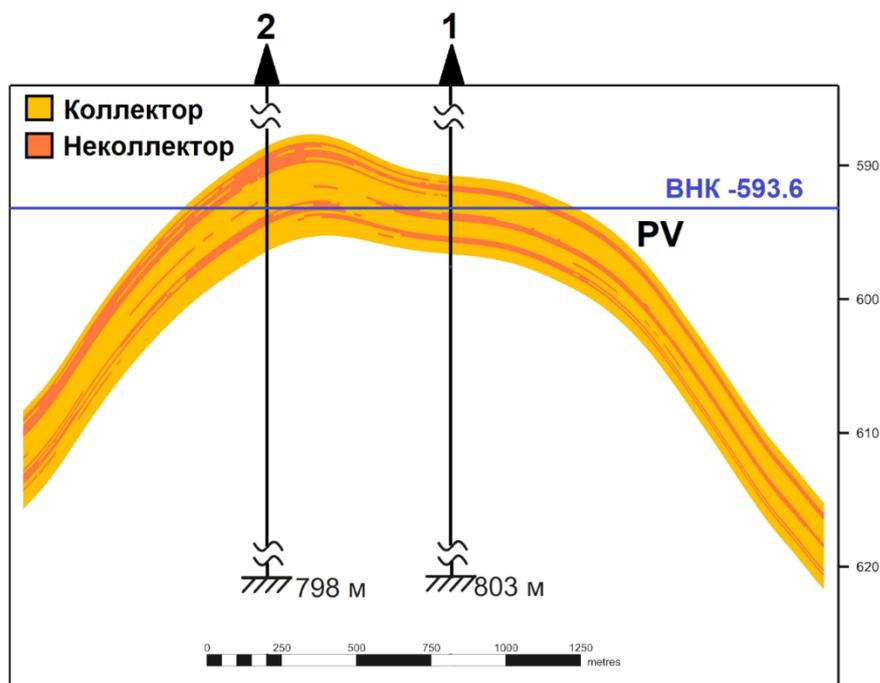


Рисунок 2 – Распределение параметра коллектор-неколлектор

**Заключение.** В настоящей работе были проанализированы материалы геофизических исследований скважин, выполненных в скважинах № 13, 15 Ветлужского месторождения, а также результаты исследования керна и проб нефти.

Объектом для интерпретации являлись карбонатные отложения продуктивного пласта В5 артинского яруса Ветлужского месторождения.

Согласно литологическому описанию керна материала, артинский ярус представлен сульфатно-карбонатным, карбонатным комплексом пород, преимущественно доломитами, с прослоями известняков в нижней части и с тонкими прослоями и линзами ангидрита, распространенными по всему разрезу. Используя методы радиоактивного каротажа, бокового каротажа и микробокового каротажа в карбонатах были выделены плотные пласты, глинистые прослои и пласты-коллектора.

В процессе работы был произведен расчет параметров пористости, проницаемости и нефтенасыщенности, получены следующие данные:

- коэффициент пористости 11,9 %,
- коэффициент проницаемости 0,0018 мкм,
- коэффициент нефтеносности 71,4%.

При обосновании средних значений пористости и проницаемости, надежность керна данных рассматривается с учетом освещенности эффективных толщин керном, которая составляет 8,3 м или 100% от мощности пласта, частотой отбора образцов и количеством учтенных определений пористости.

Полученные данные, показывают, что по пласту артинского яруса средние значения пористости и проницаемости полученные при анализе образцов керна существенно не отличаются от средних значений полученных по данным интерпретации материалов геофизического исследования скважин.

Построение литологических моделей так же как и распределение фильтрационно-емкостных свойств выполнено на основании результатов интерпретации данных геофизического исследования скважин Ветлужского месторождения.

В скважинах №№ 13, 15 Ветлужского месторождения разрез пласта артинского яруса полностью освещен геофизическими исследованиями, что дает возможность корректно отстроить геологическую модель залежи.

Таким образом, основываясь на полученные фильтрационно-емкостные данные, а так же учитывая структурные построения была сформирована геологическая модель Ветлужского месторождения для артинского яруса, в каждой ячейке которой учтены параметры объема, пористости и насыщенности пласта артинского яруса.