

Введение

Методы полевой геофизики прочно вошли в нефтегазовую отрасль как способ приобретения данных о геологическом строении месторождения без бурения дополнительных скважин.

Самым распространенным методом площадных геофизических исследований является сейсморазведка. Так как является самым эффективным на глубинах залегания нефтяных и газовых ловушек, однако по итогам сейсморазведки наиболее четко картируется структурный план, а не само наличие углеводородов. В связи с этим встает проблема распознавания непосредственно наличие самих углеводород в пределах выявленных антиклинальных поднятиях, а так же выявление ловушек не связанных со структурным планом.

В связи с этой проблемой было принято решение рассмотреть такие методы полевой геофизики как магниторазведка, радиометрия, которые характеризуются более малой глубиной исследования, но предполагается, что помогут диагностировать аномалии связанные непосредственно с насыщением горных пород на большой глубине.

Следовательно, целью исследования является выделение контура нефтегазоносности, основываясь на результаты нескольких методов площадных исследований, а так же результатах разведочных скважин. В связи с этим, необходимо построить физико-химическую модель залежи углеводородов и приповерхностных отложений надо ней; подтвердить теоретическую модель на основе опубликованных исследований месторождений углеводородов; выявить локальные аномалии, связанные с ловушками углеводород на исследуемой территории по данным сейсморазведочных работ, магнитометрии, радиометрии; сделать прогноз перспективных зон нефтегазоносности, используя весь комплекс представленной информации; предложить оптимальное местоположение для заложения новых скважин.

На изучаемой территории полевые работы выполнены по методам: сейсморазведка МОГТ-2Д, магниторазведка, радиометрия в объеме 2 тыс. км. Так же пробурено 4 разведочных скважины с проведенным полным комплексом геофизических исследований, а так же испытанием пластов. Перспективные отложения палеозойского возраста имеют сложное структурное строение.

2. Предпосылки применения несейсмических методов при поисках углеводородов

2.1. Структурные предпосылки

В наши дни нефтегазовая отрасль активно и повсеместно применяет методы полевой геофизики для определения оптимального положения точки заложения скважины.

С целью установления критерия поиска месторождения углеводородов при помощи полевой геофизики рассмотрим теоретические модели образования физических полей. Для начала разберем образование благоприятной обстановки для скопления углеводородов, то есть образование антиклинальной структуры. Существует два предполагаемых пути образования антиклинальной структуры:

1. как результат процесса складкообразования;
2. результат процесса осадконакопления после тектонической активности в качестве структуры обликания.

Процесса складкообразования характеризуется наличием генерального и минимального стрессов, последствием этих сил является не только образование складчатой структуры, но и системы трещин, а зачастую и разломов. Генеральное направление вновь образованной системы трещин соответствует перпендикулярно главному, таким образом, параллельно минимальному простираию стрессам. Следовательно, можно наблюдать зоны разуплотнения и уплотнения горной породы. Это явление контролирует изменение физических свойств породы, и как следствие формирование аномалии физических полей.

Таким образом, система трещин влияет на уменьшение плотности и скорости прохождения упругих волн, то есть на формирование аномалий в гравитационном и сейсмическом полях. (Рис. 3)[4]

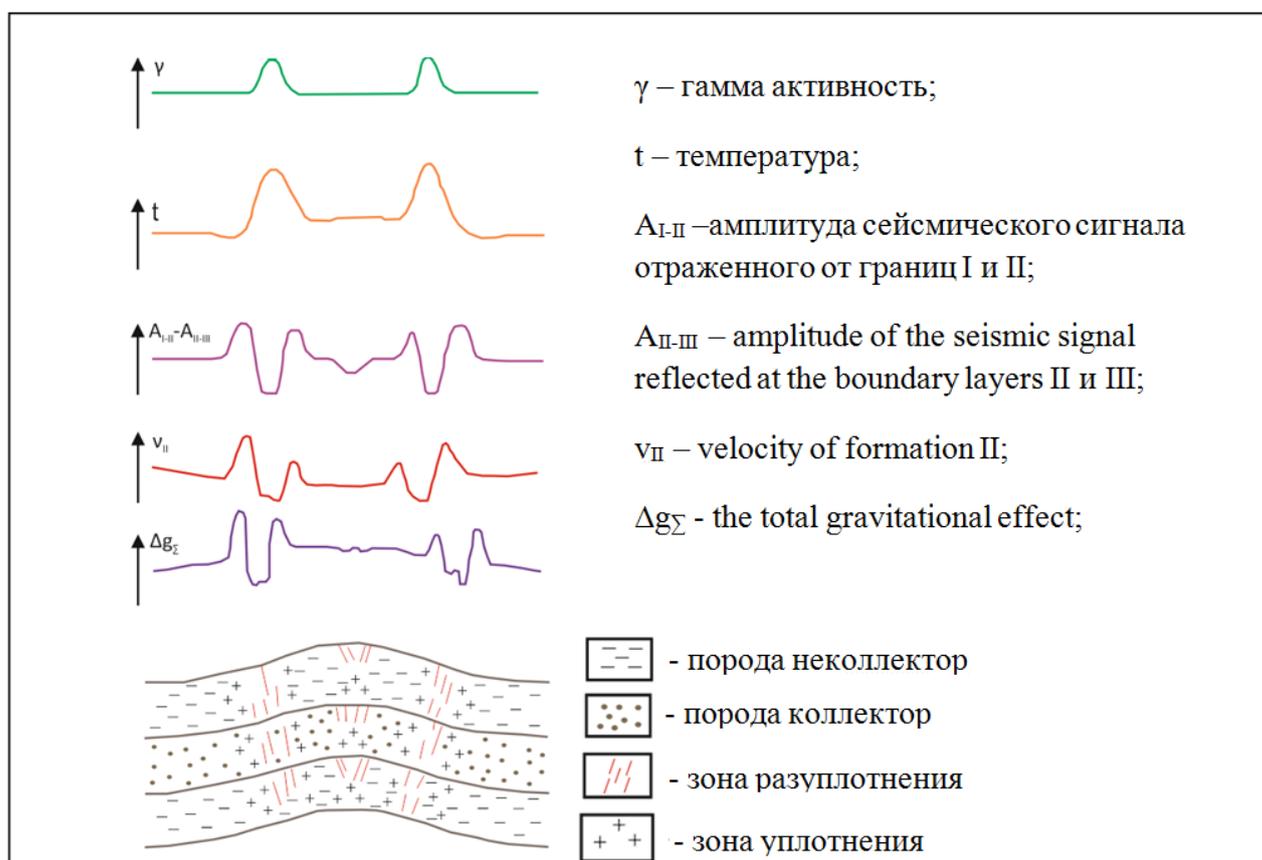


Рисунок 3 – Схема геофизической аномалии, образующейся при формировании ловушки – складки поперечного изгиба. [4]

2.2. Третичная миграция углеводородов

Теперь рассмотрим модель геофизических полей совместно с влиянием углеводородов, находящихся в данной ловушке. После прихода углеводородов в ловушку, имеет место так называемая третичная миграция углеводородов по имеющимся микротрещинам, так же сформированным благодаря структурному плану (что описывалось ранее). Здесь на пути у углеводородов встречаются анаэробные и аэробные бактерии, которые имеют возможность усваивать легкие углеводороды (CH_4), вследствие чего образуется углекислый газ (CO_2), сероводород (H_2S) и вода (H_2O). В свою очередь, углекислый газ и вода являются материалом для создания угольной кислоты (H_2CO_3) выше по разрезу. Там же происходит реакция уже образованной угольной кислоты совместно с водой, продуктами этой

реакции являются положительно (H_3O^+) и отрицательно (HCO_3^-) заряженные ионы. Далее, в приповерхностных условиях, характерна реакция обмена ионов в таких минералах как иллит, вследствие чего положительно заряженный ион (H_3O^+) замещает отрицательно заряженный ион (K^-), результатом этой реакции становится повышенное содержание калия. Повышенное содержание калия можно рассматривать как первый выявленный поисковый признак. Угольная кислота так же может вступать в реакции в приповерхностных условиях, с этим явлением связывают вторичную минерализацию, чаще всего связанную с изменением карбонатосодержащими минералами. Продуктом таких реакций зачастую становится карбонат кальция. Теперь рассмотрим превращения химических элементов рядом с поверхностью связанные с сероводородом (H_2S). Здесь происходит разложение сероводорода на ионы: два положительно заряженных иона водорода (H^+) и отрицательно заряженный ион серы (S^{-2}). Отрицательно заряженный ион серы может вступать в реакцию с положительно заряженными ионами диоксида урана (UO_2^{+2}), последний в ходе описанного химического превращения восстанавливает валентность и становится мобильным. Повышенная мобильность урана приводит к его миграции из ореола над месторождением углеводородов. Данная особенность так же может стать поисковым признаком. Так же сероводород может вступать в реакцию с железосодержащими минералами, приводя к образованию оксидов железа. Таким образом, еще одна особенность приповерхностных изменений над залежью является наличие магнитных минералов. (Рис.4) [9]

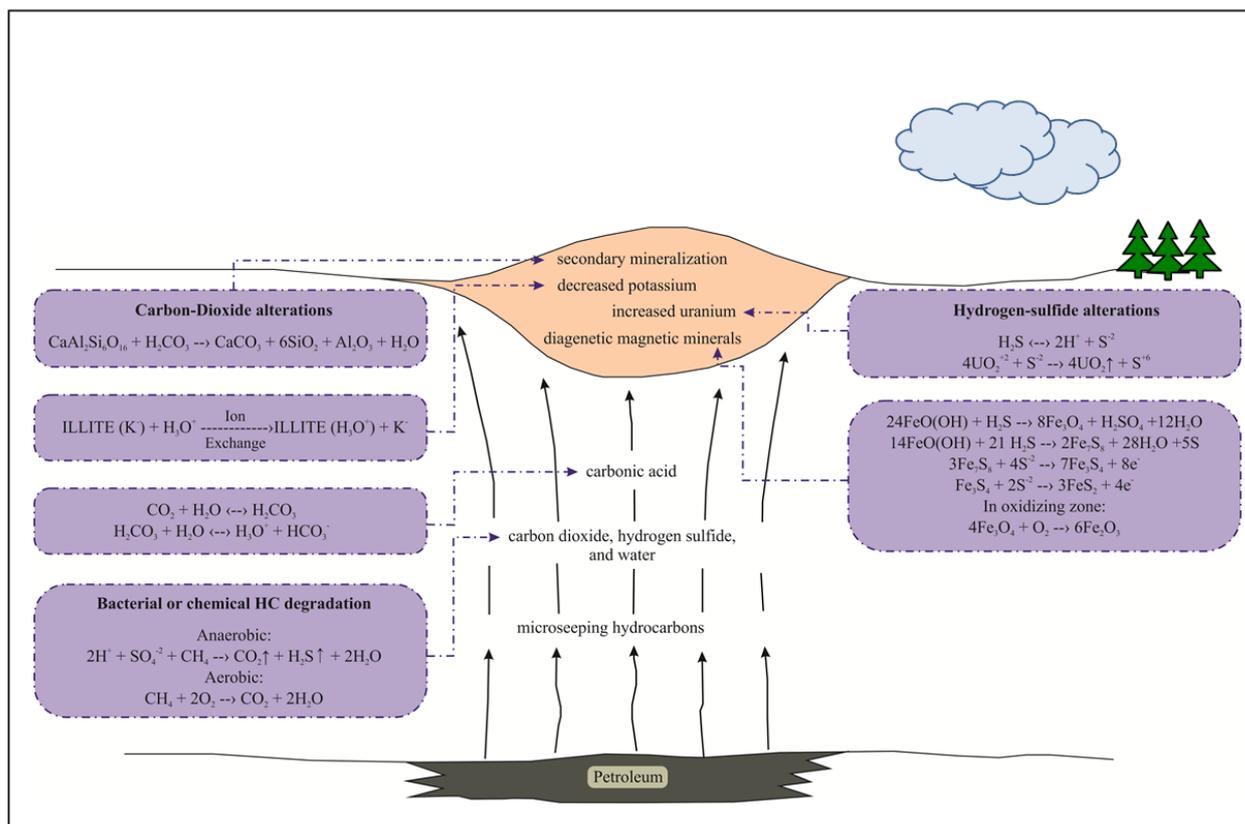


Рисунок 4 – Предполагаемая физическая и химическая модель создания приповерхностных аномалий над ловушкой заполненной углеводородами. [9]

Основываясь на рассмотренных выше физических и химических моделях можно сделать предположение, что над месторождениями углеводородов образуются аномалии напрямую связанные с ними, которые можно диагностировать по результатам методов площадной геофизики, в частности магниторазведка и радиометрия.

2.3. Физико-геологические модели

Радиометрия

Рассмотрим аналитическую модель геофизических полей для идентификации залежи углеводородов с помощью данных радиометрии (рис 5) на примере модели авторов Wang Ping, Li Zhou bo. Как видно, на рисунке 5 торий как наиболее устойчивый элемент остаётся в относительно постоянном количестве над залежью, значения калия и урана же понижаются, в связи с физико-химическими процессами описанные ранее при рассмотрении теоретической модели. В связи с этим можно сделать вывод о том, что содержание урана и калия помогут диагностировать аномалию типа «залежь» при радиоактивных исследованиях.

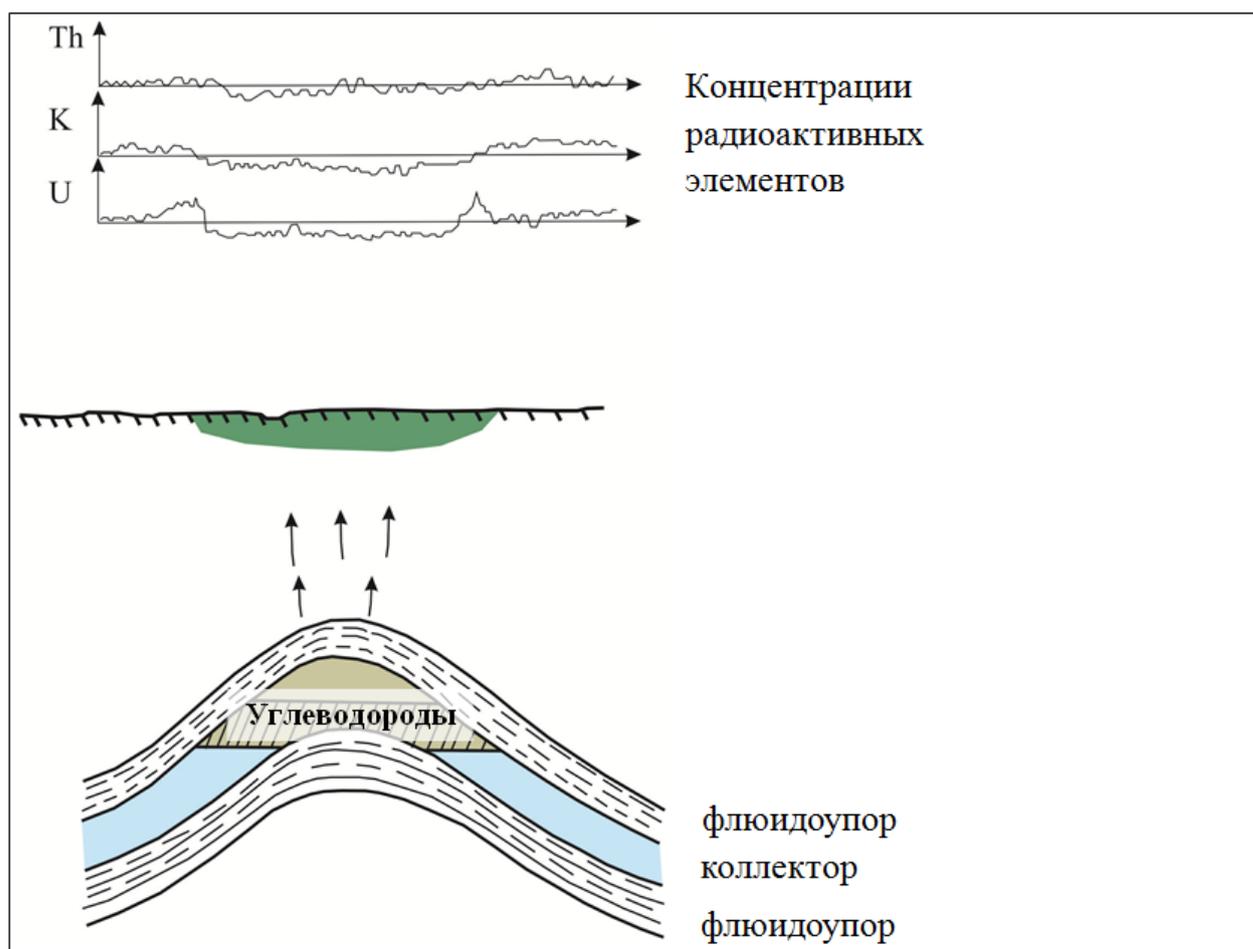


Рисунок 5 – Модель формирования радиохимической аномалии над углеводородной залежью

Для того, что бы подчеркнуть влияние процессов связанных с третичной миграцией углеводородов и снизить воздействие поверхностных условий, ландшафта на практике часто используется отношение концентраций урана и тория.

Магниторазведка

Далее рассмотрим предположительные показания магнитометрии согласно модели В.М. Березкина (рис.6). На представленном рисунке выделены красным цветом аномалии связанные со строением фундамента, с помощью которых можно диагностировать разломную тектонику. Но для выделения аномалии связанной с ловушкой углеводородов необходимо данные значения вычислить из показаний магниторазведки как фоновые значения регионального характера. Как отмечалось ранее в процессе диагенетических преобразований над ловушкой углеводородов происходит окисление железосодержащих минералов, что приводит к локальной аномалии (примеры аномалий представлены разными цветами на рисунке 6), с помощью которой и возможна диагностика аномалии типа «залежь». [1]

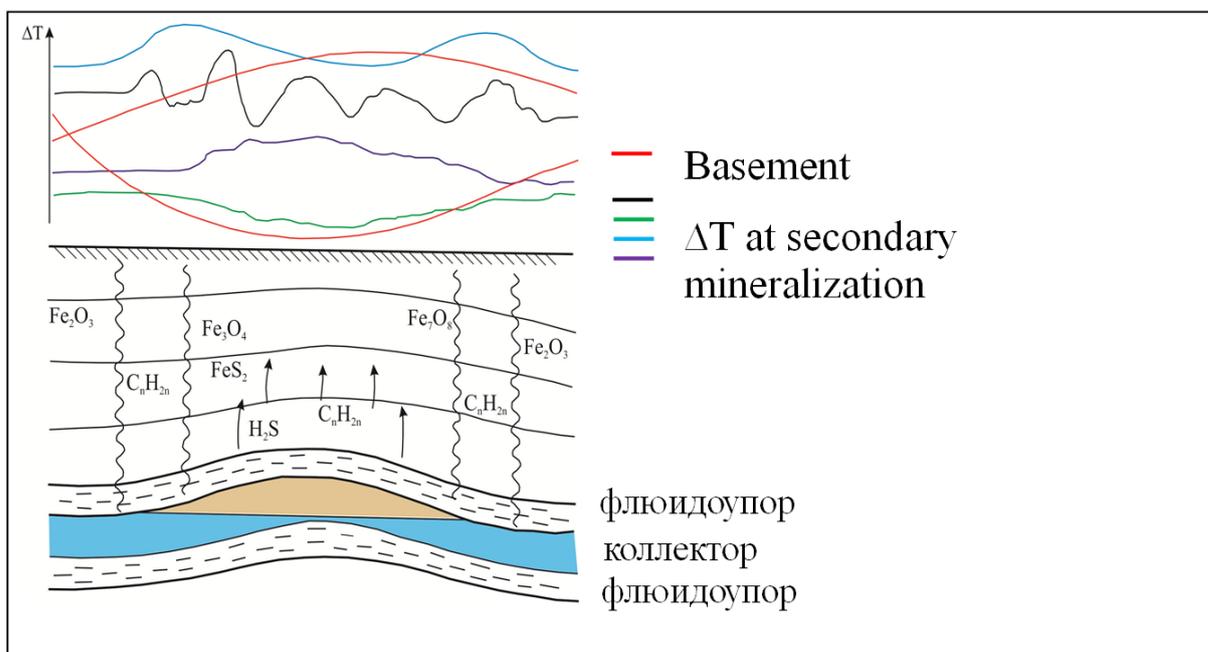


Рисунок 6 – Магнитогеологическая модель залежи углеводородов и особенности структуры магнитного поля [1]

2.4. Примеры информативности

Для подтверждения теории происхождения аномалий над заполненной углеводородами ловушкой обратимся к опубликованным данным по уже изученным месторождениям углеводородов.

На месторождении Kietz в Германии были проведены микробиологические исследования, направленные на определение численности углеводородокисляющих и метанооксиляющих бактерий. С помощью данных исследований были выделены аномалии, которые в свою очередь подтвердились данными бурения. (Рис. 7) [11]

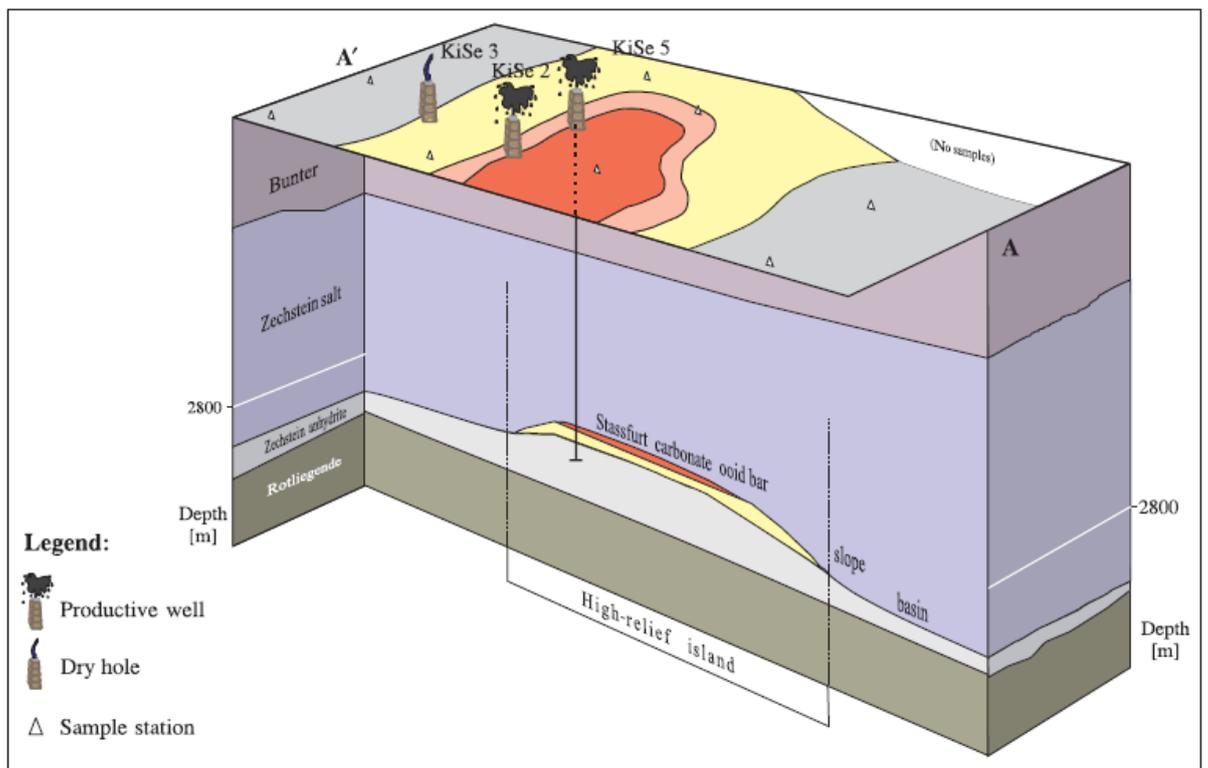


Рисунок 7 – Результаты микробиологических исследований на нефть во взаимоотношении с геологическими данными согласно сейсмической/геологической съемкой [11]

Рассмотрим месторождение, Velma в штате Оклахома (США), находящееся на данный момент на позднем этапе разработки. Продуктивные интервалы представлены в широких пределах глубин от 100м до 2500м, из которых производится добыча нефти (таблица 1). По результатам разработки был получен контур нефтегазоносности, представленный на рисунке 8. [8]

PRODUCING ZONES		
Formation	Saturation	Depth
Permian	oil	100m - 300m
Hoxbar	oil	400m-670m
Springer	oil and gas	800m
Deese	oil	1000m
Sycamore limestone	oil	1400m
Hunton limestone	oil and gas	1700m
Simpson group	oil	2030m – 2400m

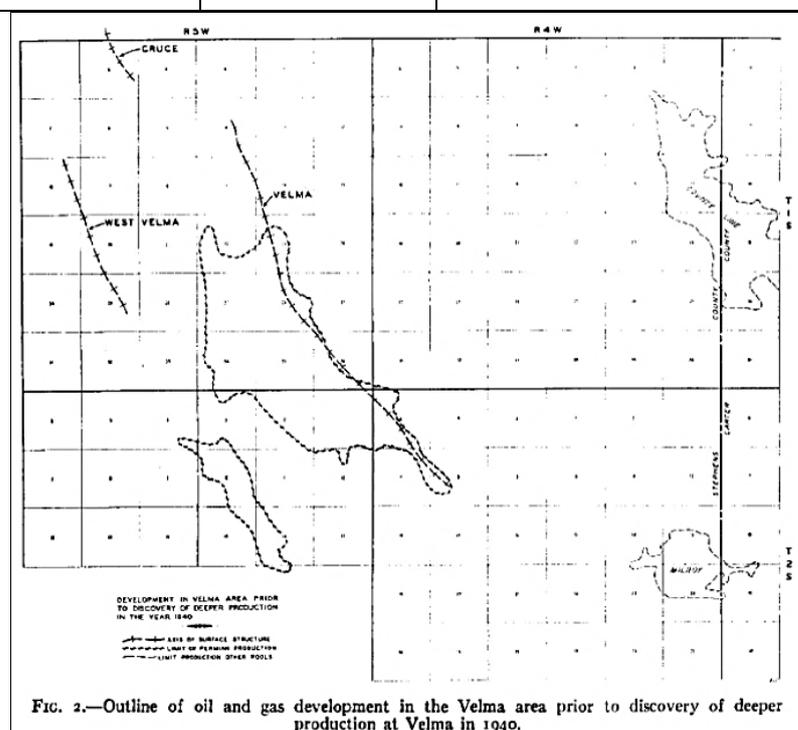


Рисунок 8 – Контур нефтегазоносности по данным разработки на территории месторождения Velma [8]

Так же на месторождении Velma были проведены приповерхностные исследования, с помощью которых были выделены три основных диагенетические фации на территории нефтяного месторождения:

1. самая внутренняя зона интенсивной карбонатизации и/или карбонат-замена гипса, распределение совпадает с выделенной системой разломов;

2. центральная зона сульфидной минерализации, которая не может быть хорошо обнажена на поверхности, но хорошо развита на глубину, вследствие чего представлены результаты исследования на более глубокие горизонты на рисунке 9;

3. обесцвеченная зона. (Рисунок 9) [8]

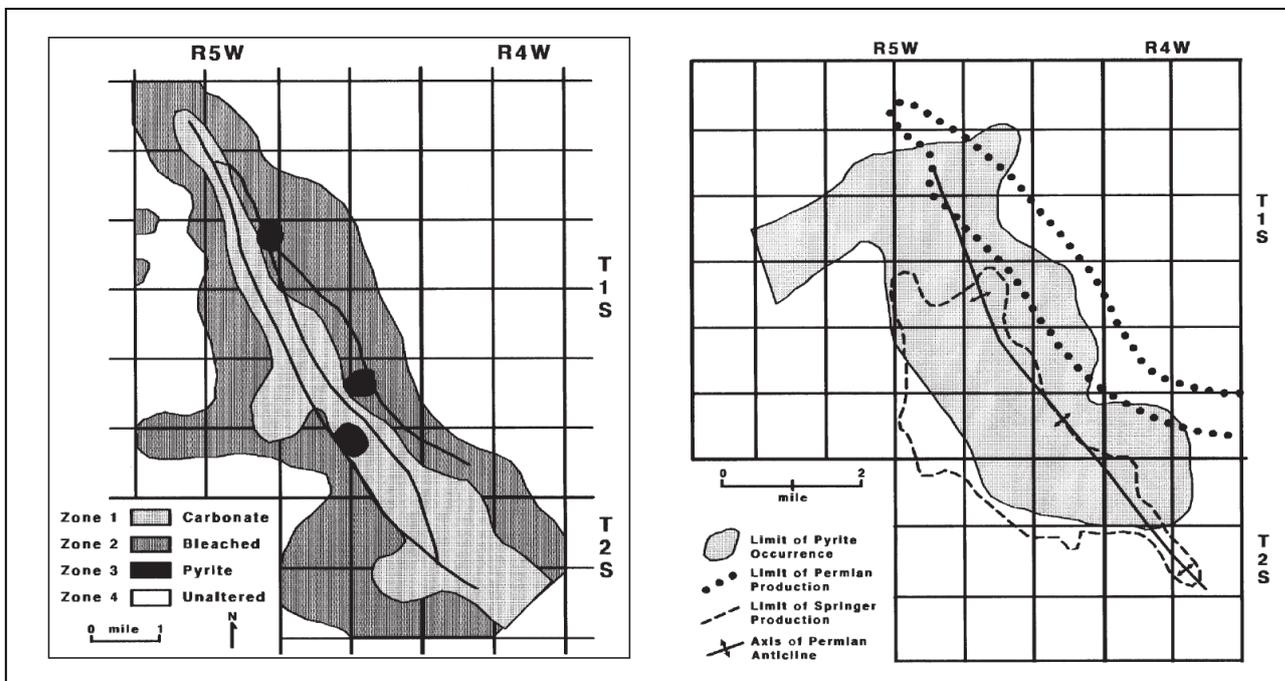


Рисунок 9 – Результаты приповерхностных исследований: Zone 1 – карбонатизация, Zone 2 – бесцветная зона, Zone 3 – пирит, Zone 4 – неисследованная зона. [8]

Выявленный контур диагенетических изменений совпал с контуром нефтегазоносности исследуемого месторождения, полученного по результатам разработки, что подтверждает предполагаемые теоретические физико-химические модели, рассмотренные в предыдущей главе, и их проявления в физических полях.

Заключение

Необходимость работы возникла в связи с тем, что представленный на территории продуктивный интервал имеет сложное геологическое строение, поэтому традиционные методы обнаружения ловушки, такие как анализ итогов структурной интерпретации сейсморазведочных профилей, имеет низкую эффективность. В связи с этим в работе были рассмотрены результаты магниторазведочных, радиометрических работ совместно с данными сейсморазведочных, а так же буровых работ.

Рассмотренные в работе теоретические физико-геологические модели залежи углеводородов и вышележащих отложений были подтверждены ранее проведенными исследованиями на рассмотренных месторождениях Европы и Северной Америки, и стали основой для интерпретации имеющихся полевых исследований. Комплексирование всех методов было проведено с целью уменьшения влияния факторов, что могут воздействовать на каждый метод в отдельности, и не связанных с третичной миграцией углеводородов в приповерхностные условия. Результатом данного этапа исследования стало создание карты вероятности обнаружения ловушки углеводородов по данным изменений радиоактивных веществ и магнитных минералов в приповерхностных отложениях; а так же создание карты вероятности с учетом выше описанной карты и аномалий, сейсмического поля. Последняя полученная карта позволила учесть изменения физических полей, связываемые с присутствием углеводородов на всех имеющихся уровнях, поэтому на основании именно этой карты было предложено местоположение двух разведочных скважин. Первая была заложена в своде структуре на северо-востоке, вторая на юге в структурный нос вблизи разлома.