

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

Кафедра геофизики

**«Апробация петромагнитного метода при поиске месторождений
углеводородов на примере Хлебновского нефтяного месторождения»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 геология
профиль «Геофизика при поиске нефтегазовых
месторождений»
Шкодина Сергея Дмитриевича

Научный руководитель

Зав. Каф. Геофизики

к. г.-м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Консультант

К.г.н., зав. лаб.

ГЕОЭКОЛОГИИ

А.С. Шешнёв

подпись, дата

Саратов 2020

Введение. Целью выпускной квалификационной работы было опробование петромагнитного метода прямых поисков залежей углеводородов на территории Хлебновского месторождения углеводородов.

Актуальность проведенных исследований определяется тем, что на данный момент времени накопленная база данных о магнитных свойствах почв над месторождениями углеводородов не позволяют, пока, сделать однозначных выводов об эффективности или, напротив, о нецелесообразности применения петромагнитного метода для прямых поисков углеводородов. Однако, сам факт изменения магнитных свойств почвенного покрова над нефтяными и/или газовыми залежами за счет вертикальной миграции углеводородов можно считать достоверно установленным, и учитывая тот факт, что цены на геологоразведочные работы высокие, это придает дополнительную актуальность внедрения новых мало затратных и эффективных методов поиска залежей углеводородов.

В настоящей работе предпринята попытка усилить информативность петромагнитного метода прямых поисков углеводородов за счет использования дополнительных параметров и новых статистических приемов обработки данных. Сведения о магнитной восприимчивости до и после нагрева почв (KLF и KLF_t , соответственно), использующиеся в традиционных вариантах метода, дополнены данными магнитной восприимчивости почв, измеренной на высокой частоте (KHF и KHF_t , соответственно).

Задачи, которые следовало решить для достижения поставленной цели, можно сформулировать следующим образом:

- сбор и анализ данных о геологическом строении, природных условиях и географическом расположении Хлебновского месторождения углеводородов;
- отбор проб из почвенного покрова над контуром залежи углеводородов и за их пределами;
- подготовка проб к лабораторным исследованиям и измерения магнитной восприимчивости до и после нагревов на разных частотах;

- статистический анализ полученных лабораторных измерений и построение карт распределения различных петромагнитных параметров;
- анализ полученных лабораторных результатов;
- формулировка выводов о дальнейших перспективах использования петромагнитного метода в прямых поисках углеводородов.

Автор выражает благодарность за помощь в написании выпускной квалификационной работы своему научному руководителю заведующему кафедрой геофизики, кандидату геолого-минералогических наук Е.Н. Волковой; научному консультанту: А.С. Шешнёву кандидату географических наук, старшему научному сотруднику отделения геологии НИИ ЕН СГУ. А также учебно-научной лаборатории петрофизики во главе А.Ю. Гужикова за предоставленную возможность работы на приборах данной лаборатории.

Данная магистерская работа включает в себя содержание, введение, основную часть, которая состоит из 5 разделов: физико-географическая характеристика района исследований, геологическое строение территории, методика проведения исследований, пример применения петромагнитного метода при поиске и разведке нефтяных и газовых месторождений, результаты исследований, заключение и список литературы который состоит из 18 наименований. Так же в работу входят 19 рисунков и 15 таблиц.

Основные разделы работы. В первом разделе описывается опыт предыдущих лет в использовании «петромагнитного метода поиска и разведки углеводородов». Методика апробирована на 9 структурах Поволжья и Южного Приуралья с глубиной залегания продуктивных горизонтов от 900 до 2700 м. Две отрицательные прогнозные оценки подтверждены повторной интерпретацией данных сейсморазведки и бурением. Заказчикам выданы три положительные прогнозные оценки, которые еще не заверялись бурением.

В настоящее время сотрудниками лаборатории геоэкологии опробованы пять существующих месторождений углеводородов с целью увеличения базы данных петромагнитного метода и улучшения методики работ.

Во втором разделе описывается «физико-географическая характеристика

района исследований» описываются общие характеристики изучаемого месторождения.

Административно Хлебновское месторождение располагается в Татищевском районе Саратовской области приблизительно в 35 км на северо-северо-запад от г. Саратова, вблизи таких населенных пунктов как: Хлебновка, Вязовка, Нееловка, Новополие, Губаревка. Ближайшая федеральная трасса Р-158 находится в 15 км юго-западнее.

Климат рассматриваемой территории можно отнести к континентальному. Смена сезонов достаточно хорошо выражена, переход от жаркого лета к холодной и малоснежной зиме достаточно быстрый. Зима длится около 5 месяцев с середины ноября по середину марта, толщина снежного покрова составляет в среднем 30 см, средняя температура (январь) составляет -14°C , глубина промерзания почвы примерно 1-1,5 метра. Лето жаркое, знойное и с малым количеством осадков, средняя температура летом (июль) достигает $23-25^{\circ}\text{C}$.

Геоморфологически исследуемая территория относится к правобережному водосбору р. Волги и представляет собой волнисто-всхолмленную местность, имеющую незначительный северо-восточный уклон в сторону Волги.

Водоразделы, чередующиеся с пологими руслами рек и узкими круто стенными оврагами, характеризуются оглаженными плавными очертаниями.

Абсолютные отметки колеблются от 110 до 180 метров на водораздельных пространствах и снижаются до 50м. в долинах рек. Наивысшие отметки относятся к водораздельным высотам останцового типа и равны 180-230м.

Наиболее повышенный участок, являющийся водоразделом рек Ст. Курдюма и Б. Колышлея, приурочен к северо-западной части описываемого района.

Гидрографическая сеть расположена более, менее равномерно по всей территории и представлена довольно густой системой рек и оврагов, из

которых наиболее крупная река Старый Курдюм пересекает район работ в северо-восточной части примерно в крест простирания пород. Ее правые притоки Елшанка, Курдюм и Грязнуха, приурочены к юго-западной части исследуемой площади, располагаются почти параллельно друг другу и имеют многочисленные мелкие притоки и овраги.

Хлебновское месторождение расположено в пределах лесостепной зоны Приволжской возвышенности. Данная местность характеризуется такими почвами как, черноземы обыкновенные, карбонатные черноземы, а также черноземы обыкновенные солонцеватые.

Территория Хлебновского месторождения испытывает высокое техногенное воздействие, источниками данных воздействий являются близлежащие населенные пункты, такие как Хлебновка, Вязовка, Нееловка, Новополе, Губаревка. Также на технологическую загруженность оказывают незначительные несанкционированные свалки. На территории имеется большое количество сельхоз угодий, которые занимают практически всю территорию месторождения.

В третьем разделе описывается «геологическое строение территории» общая геологическая информация изучаемого объекта: стратиграфия, тектоника, нефтегазоносность.

Хлебновское месторождение расположено в пределах Рязано-Саратовского прогиба, разделяющего Волго-Уральскую и Воронежскую антеклизы. Глубокими скважинами здесь вскрыты породы осадочного чехла, сложенного образованиями рифея, девонской, каменноугольной, юрской и меловой систем. На поверхности закартированы отложения юры, мела и квартера. Стратиграфия района в достаточно полной мере характеризуется пробуренной в пределах Хлебновской структуры скважина №17, вскрывшей отложения от кайнозоя (четвертичная система) до девона. Максимальная вскрытая мощность осадочного чехла – 1975 м.

Далее в третьем разделе идет литолого-стратиграфическое описание разреза.

Тектоника. Хлебновское месторождение расположено в пределах Рязано-Саратовского прогиба, разделяющего Волго-Уральскую и Воронежскую антеклизы. В тектоническом отношении территория работ представляет собой один из наиболее сложных участков юго-восточной окраины Восточно-Европейской платформы. По степени дислоцированности и морфологии структур в геологическом разрезе района различаются два структурных этажа. Нижний – кристаллический фундамент, образованный архейскими породами. Верхний этаж – осадочный чехол – сложен рифейскими и фанерозойскими отложениями. По поверхности фундамента на рассматриваемой территории выделяется Рязано-Саратовский прогиб, который представляет собой крупный грабенообразный жёлоб в теле фундамента. Простирается северо-западное, отметки поверхности фундамента самой погруженной части в районе месторождений достигают - 3000 м.

Нефтегазоносность. Хлебновское месторождение до настоящего времени относится к законсервированному фонду месторождений УВ. Месторождение имеет малые запасы (около 183,2 тыс. т извлекаемых при КИН= 0,25).

Промышленный характер нефтеносности на Хлебновском поднятии был установлен в турнейском и башкирском ярусах нижнего отдела каменноугольной системы в процессе опробования разведочных скважин.

В четвертом разделе описывается «методика проведения исследования» в данном разделе описываются методика отбора образцов, методика проведения петромагнитных исследований и методика статистической обработки.

Отбор проб и пробоподготовка велись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 (почвы). В соответствии с требованиями ГОСТа опробованию подвергалась верхняя часть почвенного горизонта до глубины 5 сантиметров, где обычно накапливается основная масса загрязнителей, выпадающих из атмосферы.

Пробы почв отбирались по 6 маршрутам, расположенным в крест простирающейся предполагаемой структуры. Точки опробования в маршруте располагались на расстоянии друг от друга приблизительно 200 метров, расстояние между маршрутами составляло около 1 километра. Размеры

пробных площадок варьировали от 2-3 до 10 м². Отбор проб проводился методом конверта – одна проба в центре, четыре по углам площадки, также по 2-3 пробы вокруг вершин конверта. Вес объединённой пробы варьировал в пределах 0,5 килограмм.

Сухие пробы перемешивались и очищались от мусора (обломков и корней растений), в точке пробоотбора и после перемешивания проба квартовалась, а затем помещалась в двойной полиэтиленовый пакет с сопроводительной этикеткой. Влажные пробы предварительно просушивались на воздухе и подвергались квартованию в лаборатории. Просеивание всех проб на сите 1×1 миллиметр проводилось в лаборатории. Для каждой пробы, отправленной на анализ, до конца работ сохранялся дубликат для повторного анализа в случае необходимости.

Отбор проб почв на территории Хлебновского месторождения осуществлялся в 2017 и 2018 году. В ходе работы на исследуемой территории было отобрано и обработано 62 пробы.

Методика петромагнитных исследований. В рамках написания выпускной квалификационной работы нами были проведены исследования петромагнитных свойств отобранных почвенных образцов. В частности, исследовались магнитная восприимчивость (*KLF*), её частотная зависимость (*FD*-фактор) с целью уточнения фактов возможности применения петромагнитных исследований при поиске и разведке нефтяных и газовых месторождений.

Каппаметрия и термокаппаметрия. Магнитная восприимчивость (*KLF*) – физическая величина, характеризующая способность вещества намагничиваться под действием внешнего магнитного поля: $J_i = KLF * H$ (где J_i – индуктивная намагниченность, H – напряженность внешнего магнитного поля), величина которой пропорциональна концентрации пара- и ферромагнетиков в породе (величины $KLF > 20-30 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ могут быть только за счет ферромагнетиков). При очень малой их концентрации порода может обладать диамагнитным эффектом – отрицательными значениями *KLF*.

Измерение термомагнитного эффекта или термокаппаметрический анализ заключается в измерении прироста магнитной восприимчивости образцов после их нагрева на 500°С в окислительной среде ($dK=KLFt-KLF$, где k – магнитная восприимчивость, $KLFt$ – магнитная восприимчивость после нагрева). Прирост осуществляется за счет превращения изначально немагнитного пирита в сильномагнитный магнетит.

Важную информацию о доменном состоянии магнитных зерен дает анализ FD-фактора. Параметр, характеризующий частотную зависимость магнитной восприимчивости, рассчитывается по формуле:

$$FD=(KLF-KHF)/KLF*100\%,$$

где KLF – магнитная восприимчивость, измеренная на низкой частоте (976 Гц), KHF – магнитная восприимчивость, измеренная на высокой частоте (3904 Гц), и отражает наличие зерен магнитных минералов переходного размера от однодоменных к суперпарамагнитным. Магнитный параметр FD реагирует только на критически малый размер зерен, который зависит от формы, состава и свойств минерала (для сферических частиц магнетита диаметр зерна составляет ~ 0.29 мкм).

Методика статистической обработки полученных результатов. Все данные измерений на приборах были перенесены в программу Microsoft Excel в которой с ними выполнялись следующие операции:

1) Арифметические действия, определение минимумов, максимумов, средних значений.

2) Нормирование данных к общему диапазону. Так как значения различных показателей изменяются в разных пределах то для их сравнения нам необходимо привести их к общему диапазону (от 0 до 1). Нормированное значение параметра $y(x)$ рассчитывалось по формуле: $y(x) = \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}}$

где x – текущее значение параметра,

x_{min} и x_{max} – минимум и максимум в выборке.

3) Корреляционный анализ, предназначенный для выявления наличия зависимости между различными факторами. То есть, определяется, влияет ли

уменьшение или увеличение одного показателя на изменение другого. Коэффициент корреляции варьируется в диапазоне от +1 до -1. При наличии положительной корреляции увеличение одного показателя способствует увеличению второго.

При определении значимости прямой или обратной корреляционной зависимости критические значения коэффициента линейной корреляции (r) определялись исходя из формулы $t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$, где величина

t – распределение Стьюдента,

n – количество пар в выборке [7].

Значения $r = \sqrt{t^2 / (t^2 + n - 2)}$, выведенные из предыдущей формулы для выборок объемом n , принимались за критические ($r_{кр}$). Для значений r превышающих $r_{кр}$ принималась гипотеза о наличии прямой корреляционной связи между исследуемыми параметрами, аналогичным образом, при $r < -r_{кр}$ принималась гипотеза о наличии обратной связи.

Пятый раздел это, «Результаты исследование и их обсуждение». В данном разделе описываются полученные в ходе работ результаты, которые сопровождаются выводами.

«Результаты определения удельной магнитной восприимчивости на низкой частоте» Удельная магнитная восприимчивость на низкой частоте измерялась во всех почвенных образцах. Удельная магнитная восприимчивость на низкой частоте изменялась от $3,05 \times 10^{-7}$ мЗ /кг до $1,56 \times 10^{-6}$ мЗ /кг при среднем значении $5,54 \times 10^{-7}$ мЗ /кг.

«Результаты определения удельной магнитной восприимчивости на низкой частоте» Удельная магнитная восприимчивость на высокой частоте измерялась во всех почвенных образцах. Удельная магнитная восприимчивость на высокой частоте изменялась от $2,84 \times 10^{-7}$ мЗ /кг до $1,49 \times 10^{-6}$ мЗ /кг при среднем значении $5,21 \times 10^{-7}$ мЗ /кг.

«Результаты вычисления FD-фактора» Частотная зависимость магнитной восприимчивости измерялась во всех почвенных образцах. Значения FD-

фактора изменялись от 4,13% до 7,22% при среднем значении 6,21%.

«Результаты определения термомагнитного эффекта» Термомагнитный эффект в исследуемых почвах измерялся во всех почвенных образцах. Термомагнитный эффект изменялся от 0,65 до 21,81 при среднем значении 4,41%.

В процессе написания выпускной квалификационной работы, на наш взгляд, основная цель работы была достигнута путем выполнения поставленных нами задач.

Нами проведено полевое петромагнитное опробование почвенного покрова на территории Хлебновского месторождения углеводородов и проведена лабораторная обработка образцов. Анализ и интерпретация материалов лабораторных исследований проводилась с использованием статистических методов анализа данных.

Заключение. В результате исследований, проведенных в рамках написания выпускной квалификационной работы, были решены следующие задачи:

собран и проанализирован материал о природных условиях, геологическом строении и истории разработки Хлебновского нефтегазовое месторождения;

проведен отбор проб почв на территории Хлебновского нефтегазового месторождения и прилегающих территорий, отбор осуществлялся с учетом геологического строения месторождения, пробы отбирались как внутри, так и за пределами контуров нефтегазоносности;

проведено измерение петромагнитных параметров почвенного покрова (удельная магнитная восприимчивость, частотная зависимость магнитной восприимчивости, термомагнитный коэффициент), измерения проводились в двух фазовых состояниях (до и после нагрева почв до температуры в 500 градусов по Цельсию);

полученные аналитические данные были проанализированы и статистически обработаны, на их основе были построены графические схемы распределения исследуемых параметров;

на основе всех собранных и полученных данных были сделаны выводы о возможности применения петромагнитных параметров при поиске и разведке участков перспективных на нефть и газ.

Основным результатом, полученным при проведении исследований, является то, что из всех анализируемых петромагнитных характеристик почв наиболее перспективным для использования в качестве дополнительного интерпретационного параметра при поиске и разведке участков перспективных на нефть и газ является – термомагнитный коэффициент. Подтверждение наших результатов требует дополнительных данных и увеличения масштабов исследования, что планируется в наших дальнейших научных исследованиях.