

**АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА**

*На правах рукописи*

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ  
ВЕРХНЕМИОЦЕН-НИЖНЕПЛИОЦЕНОВЫХ  
ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АБШЕРОНСКОГО  
АРХИПЕЛАГА НА ОСНОВЕ ФАЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА  
И МОДЕЛЕЙ КОЛЛЕКТОРОВ**

Специальность: 2521.01 – Геология, поиски и разведка  
нефтяных и газовых месторождений

Отрасль науки: Науки о Земле

Соискатель: **Шихова Лейла Фирудин гызы**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии

**Баку – 2021**

Диссертационная работа выполнена в Институте Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, академик

**Гулиев Ибрагим Саид оглы**

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, член-корр. НАНА

**Алиева Эльмира Гаджи Мурад гызы**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент

**Кочарли Шахвелед Сулейман оглы**

доктор философии по геологии и минералогии, доцент

**Зейналов Галям Азиз оглы**

Диссертационный совет ED 1.01 Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики, действующий на базе Института Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана

Председатель диссертационного совета:

доктор геолого-минералогических наук, академик

**Фейзуллаев Акпер Акпер оглы**

Ученый секретарь диссертационного совета:

кандидат технических наук, доцент

**Мирзоева Дильгуша Рамзей гызы**

Председатель научного семинара:

доктор геолого-минералогических наук, член-корр. НАНА

**Гусейнов Дадаш Ага-Джавад оглы**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность и степень изученности темы**

Южно-Каспийский бассейн в целом и Абшеронский архипелаг, в частности, несмотря на длительную историю разработки нефтегазовых месторождений, все еще обладает значительным углеводородным потенциалом. Различным вопросам изучения геологического строения, стратиграфии, литологии и нефтегазонасыщенности Абшеронского архипелага были посвящены исследования ряда геологов – Г.В.Абиха, И.М.Губкина, А.А.Ализаде, Ш.Ф.Мехтиева, Б.К.Бабазаде, Э.Н.Алиханова, А.К.Алиева и многих других. В течение длительного времени здесь основными объектами поисков, разведки и разработки являлись отложения продуктивной толщи (ПТ) площадей Дарвин кюпеси, Пираллахи, Гюрганы-дениз, Чилов, Палчыг пильпиляси, Нефт Дашлары и др. Нефтегазонасыщенные отложения на месторождениях Абшеронского архипелага, в основном, приурочены к нижележащим свитам ПТ. Вместе с тем, поисково-разведочный интерес в настоящее время представляют и подстилающие их отложения миоцена. С этой точки зрения исследование условий осадконакопления, выявление новых зон песчаных пачек, анализ фильтрационно-емкостных свойств по отдельным объектам является приоритетной и актуальной задачей. Решение этой задачи позволит в дальнейшем не только выявить наличие резервуаров и определить их эффективность для разработки, но и оценить перспективность нефтегазонасыщенности площадей исследуемого района.

### **Объект и предмет исследования**

Объектом исследования является западная часть Абшеронского архипелага, предметом – изучение и моделирование условий осадконакопления, петрофизических и коллекторских свойств верхнемиоцен-нижнеплиоценовых отложений.

### **Цель и задачи исследования**

Построение литофациальных и петрофизических моделей месторождений, изучение палеоусловий осадконакопления и коллекторских свойств отдельных свит продуктивной толщи и

миоценовых отложений на основе интерпретации данных геофизических исследований в скважинах (ГИС) и керновых материалов с целью прогнозирования их нефтегазоносности.

1. Выявление основных особенностей и закономерностей геологического строения сложнопостроенных коллекторов нефти и газа;

2. Определение типов литофаций на основе данных ГИС и керна для свит нижнего отдела продуктивной толщи;

3. Установление палеоусловий седиментации и оценка коллекторских свойств пород миоценового возраста по геохимическим и микроскопическим исследованиям керна скважин;

4. Построение литофациальных и петрофизических моделей и карт месторождения на основе интерпретации данных ГИС с целью прогнозирования перспектив нефтегазоносности отложений;

5. Установление закономерностей распределения петрофизических и литологических параметров отдельных свит ПТ в пределах Абшеронского архипелага.

#### **Методы исследования**

Поставленные задачи были решены путем применения инновационных технологий по геологической интерпретации данных ГИС, геохимического и микроскопического анализа кернового материала. Моделирование месторождения произведено с использованием программных комплексов Kingdom и DV-Seis Geo.

С целью выполнения исследований и апробации методик была создана информационная база данных по 482-м скважинам, пробуренным на северной и южной складках месторождения Пираллахи.

#### **Основные защищаемые положения:**

1. Палеомодели условий осадконакопления свит нижнего отдела продуктивной толщи и миоценовых отложений;

2. Двухмерные и трехмерные литофациальные и петрофизические модели и карты сложнопостроенных нефтегазовых коллекторов.

#### **Научная новизна исследования:**

– по результатам анализа каротажного и кернового матери-

алов выявлены типы литофаций и уточнены условия осадконакопления отложений свит нижнего отдела ПТ месторождения Пираллахи;

– по результатам анализа геохимических, минералогических и микрофаунистических исследований установлены палеоусловия седиментации некоторых горизонтов миоценовых отложений, а также детализирована информация по их литологическому составу и коллекторским свойствам;

– с применением методов комплексной интерпретации геолого-геофизической информации и параметрического моделирования созданы трехмерные модели петрофизических и литологических параметров (эффективная пористость, нефтегазонасыщенность, глинистость и песчанистость), построены структурные, петрофизические, литофациальные карты и карты эффективных и нефтенасыщенных мощностей, установлены граничные значения петрофизических параметров коллекторов по свитам нижнего отдела ПТ месторождения Пираллахи;

– впервые на исследуемой площади с использованием растрового (сканирующего) электронного микроскопа выполнен количественный анализ морфологических показателей минеральных частиц и порового пространства миоценовых отложений, дана оценка их коллекторских свойств;

– на основе статистических анализов керновых данных, а также результатов интерпретации геолого-геофизических данных по месторождениям Абшеронского архипелага уточнены закономерности изменения коллекторских и литологических параметров по свитам нижнего отдела ПТ.

### **Теоретическая и практическая значимость исследования**

Апробированные методы могут быть использованы для создания карт, 2D и 3D петрофизических и литофациальных моделей геологической среды на других месторождениях, что позволит оперативно прогнозировать коллекторские свойства пластов и оценивать запасы углеводородов. Применение трехмерной литофациальной модели в совокупности с петрофизическими исследованиями при последующей разработке месторождения позволит выделить и проследить участки с наиболее благоприятными коллектор-

скими свойствами и определить оптимальные условия для эффективного проектирования различных категорий скважин (нагнетательные, эксплуатационные и др.), обоснования параметров разработки и доразведки нефтегазовых залежей.

### **Апробация и применение**

По теме диссертации опубликовано 22 научных трудов, из которых 9 статей, 1 материал конференции и 12 тезисов. Основные результаты и положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на республиканских и международных конференциях: IV, V, VI, VII Международные Научные Конференции Молодых Ученых и Студентов (Баку, Азербайджан, 2011, 2013, 2015, 2018); 75<sup>th</sup> EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC (London, UK, 10-13 June 2013); Baku World Forum of Young Scientists "New Challenges in the World Science: Joint Approaches of Young Scientists" (Baku, Azerbaijan, 26-31 May 2014); 76<sup>th</sup> EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC (Amsterdam, Netherlands, 16-19 June 2014); 6<sup>th</sup> International Geosciences Student Conference (Prague, Czech Republic, 13-16 July 2015); International Conference "Increasing the knowledge about oil and gas reservoir" (Baku, Azerbaijan, 4-6 November 2015); International Youth Forum "Integration processes of the world science in the 21<sup>st</sup> century" (Ganja, Azerbaijan, 10-14 October 2016); 79<sup>th</sup> EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC (Paris, France, 12-15 June 2017); International Conference "The Caspian Region: Peculiarities of the geology (the offshore and adjacent oil and gas areas)" (Baku, Azerbaijan, 1-3 November 2017); 5th Young Earth Scientists Congress (Berlin, Germany, 9-13 September, 2019).

### **Название организации, где была выполнена работа**

Диссертационная работа выполнена в Институте Геологии и Геофизики НАНА.

### **Структура и объем работы**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы, включающего 103 наименования, двух приложений и списка сокращений. Работа изложена на 207 страницах, содержит 21 таблицу и 77 рисунков. Общий объем в симво-

лах составляет 229703, из которых введение – 8283, 1-ая глава – 34299, 2-ая глава – 42172, 3-я глава – 78424, 4-ая глава – 47422, 5-ая глава – 15916 и заключение – 3187.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю академику И.С.Гулиеву, руководителю отдела «Нефтегазовая геофизика» Института Нефти и Газа НАНА, д.г.-м.н. Н.П.Юсубову, ведущему научному сотруднику Института Геологии и Геофизики НАНА, к.г.-м.н. Э.Н.Эфендиевой за ценные советы, помощь и постоянное внимание на всех этапах выполнения диссертации.

Автор благодарит руководство Института Геологии и Геофизики НАНА за предоставленную возможность проведения лабораторных исследований, а также руководство ПО «Азнефть», ООО «AzLab» и компании BP-Azerbaijan за полученные первичные материалы для исследования.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность диссертационной работы, сформулированы цель, задачи исследований и методы их решения, перечислены основные защищаемые положения, обоснована научная новизна работы и ее практическая ценность.

**В первой главе** диссертационной работы представлен обзор научно-исследовательских и производственных работ, посвященных геологическому, геофизическому и петрофизическому изучению разрезов продуктивной толщи в пределах Абшеронского нефтегазоносного района. Изучению этих вопросов посвящены многочисленные исследования, из которых отметим работы Г.В.Абиха, И.М.Губкина, А.А.Ализаде, И.И.Потапова, Д.В.Голубятникова, Э.Н.Алиханова, Ш.Ф.Мехтиева, А.А.Камладзе, Ф.И.Самедова, З.И.Зейналова, Ф.М.Багирзаде, А.А.Нариманова, Д.Х.Бабаева, А.Н.Гаджиева, Т.Ю.Багарова, М.Т.Абасова, Л.А.Буряковского, Х.Б.Юсифзаде, И.С.Гулиева, Р.Р.Джафарова, А.А.Иманова, Ф.Г.Рагимханова, Н.П.Юсубова и др.

В главе кратко описана геологическая характеристика как всего Абшеронского архипелага, так и его основных нефтяных

месторождений; рассмотрены структурно-тектонические условия формирования осадочных пород. Более детально проанализированы геолого-геофизические данные, характеризующие тектоническое строение месторождения Пираллахи, являвшегося основным объектом наших исследований.

Далее, в главе представлено описание пород Абшеронского архипелага по отдельным стратиграфическим интервалам с указанием особенностей изменения их мощностей и литологического состава. В геологическом строении месторождений архипелага принимают участие постплиоценовые, плиоценовые и миоценовые отложения. Породы более древнего возраста, были вскрыты отдельными скважинами на сводах поднятий.

В конце первой главы рассмотрены геофизические методы, применяемые при изучении геологического строения и разрезов Абшеронского архипелага и проведен обзор петрофизических исследований нефтегазоносных коллекторов. Отмечено, что на начальном этапе геофизической разведки в Абшеронском районе в большом объеме применялась электроразведка и гравимагниторазведка. Наиболее достоверные данные по строению морских площадей этого района были получены в результате широкого применения сейсморазведки методом отраженных волн.

Обобщение и анализ литературных и фондовых материалов показал, что несмотря на огромный объем геолого-геофизических исследований, проведенных на площадях Абшеронского архипелага, все еще не полностью решены вопросы, связанные с их петрофизическим и литофациальным моделированием, фильтрационно-ёмкостными особенностями коллекторов и выбором рациональной методики для дальнейших разведочных работ и эксплуатации залежей.

**Во второй главе** подробно рассмотрены петрофизические параметры пород по геологическому разрезу отложений ПТ на месторождениях Абшеронского архипелага. Проведен детальный анализ результатов лабораторных исследований пористости, проницаемости, глинистости и карбонатности керновых материалов.

По направлению антиклинального пояса Дарвин купеси –



Гюрганы-дениз наблюдается закономерное уменьшение значений открытой пористости по кирмакинской (КС), подкирмакинской (ПК) и калинской (КаС) свитам, а по линии Хали – Нефт Дашлары происходит некоторое её повышение. Распределение параметра проницаемости по кирмакинской и калинской свитам подчиняется той же закономерности, однако, по подкирмакинской свите на месторождениях Гюрганы-дениз и Хали отмечены более высокие значения этого параметра.

Методом корреляционного анализа изучена зависимость значений проницаемости от пористости по отдельным свитам продуктивной толщи, по литологическим типам пород и флюидонасыщению, определены уравнения регрессий с высокой величиной достоверности аппроксимации ( $R^2$ ). Наиболее тесная связь между пористостью и проницаемостью установлена для среднезернистых песчаников со степенным трендом ( $R^2 = 0,73$ ), тогда как для хлидолитов и глинистых суглинков характерно наличие низкой величины достоверности аппроксимации. Наиболее высокая корреляционная связь отмечена по свите ПК месторождения Пираллахи ( $R^2 = 0,78$ ).

Значения пористости и проницаемости закономерно снижаются с увеличением содержания карбонатного цемента. Высокое содержание карбонатного цемента (в среднем 26%) больше влияет на проницаемость, чем на пористость породы, снижая ее значения почти в три раза.

По результатам исследования петрофизических параметров в зависимости от глубины, установлены основные закономерности изменений пористости, проницаемости и карбонатности по отдельным свитам ПТ и по литологическим типам пород. Было установлено постепенное увеличение пористости (на 5%) и проницаемости (на 95 мД) до глубины около 2000 м, тогда как на глубине более 2000 м было отмечено резкое снижение этих параметров. Содержание карбонатной составляющей в породах закономерно снижается с глубиной на 6% ( $R^2 = 0,94$ ). В песчаных породах отмечена тесная корреляционная связь средних значений пористости с изменением глубин по отдельным интер-

валам ( $R^2 = 0,82$ ). В пределах Абшеронского архипелага интервалы глубин 1500 - 2000 м для глинисто-алевритистых и 1000 - 1500 м – для песчаных пород характеризуется наиболее благоприятными коллекторскими свойствами. Большинство корреляционных связей подчиняются экспоненциальным и степенным законам. Результаты проведенных исследований позволили с большей достоверностью обосновать прогнозные параметры на исследуемой территории.

В последней части главы представлены основные уравнения коэффициентов эффективной пористости ( $K_{п.эф}$ ) и нефтегазонасыщенности ( $K_{нг}$ ), полученные по методике комплексной площадной интерпретации геолого-геофизической информации<sup>1,2</sup> и использованные для последующего петрофизического моделирования.

На основе сравнительного анализа материалов, полученных в результате изучения керновых образцов и данных ГИС, определено граничное значение относительной амплитуды кривой потенциала самопроизвольной поляризации (ПС) –  $\alpha_{пс}$  равное 0,4, используемое для разделения коллекторов и неколлекторов. По составленной диаграмме распределения значений эффективной пористости, с учетом значений  $\alpha_{пс}$ , установлено граничное значение  $K_{п.эф}$ , составляющее 0,125 (рис.1).

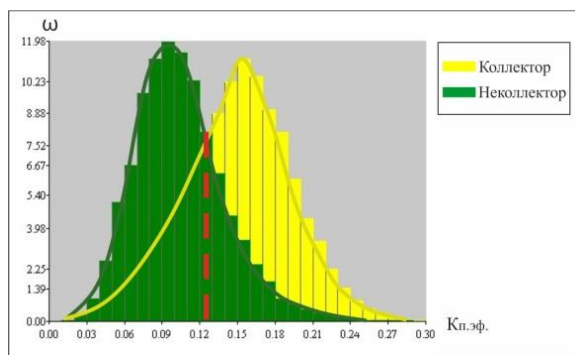
По результатам аналогичных исследований выявлены граничные значения кажущегося удельного сопротивления ( $\rho_k$ ) для КС и ПК свит, позволяющие оценить характер насыщения коллекторов в пластах месторождения Пираллахи. На основе корреляционного анализа кривых  $\rho_k$  со значениями коэффициента нефтенасыщенности, установлены граничные значения  $K_{нг}$ , равные 0,53 и 0,54, соответственно для кирмакинской и подкирма-

---

<sup>1</sup> Yusubov, N.P., Yusubov, X.N. Quyu geofiziki tədqiqatlar (QGT) əsasında Qalmaz qaz anbarının petrofiziki və hidrodinamik modellərinin proqnozlaşdırılması haqqında – Bakı: // Azərbaycanca Geofizika Yenilikləri, – 2010. № 3, – s. 28-32.

<sup>2</sup> Гаджиев, Ч.А. Усовершенствованный метод площадной интерпретации на основе геофизических и геолого-промысловых информации по оценке состояния разработки нефтегазовых месторождений. Методическое пособие / Ч.А.Гаджиев. – Баку: Nafta-Press, – 2012. – 17 с.

кинской свит. Полученные граничные значения относительной амплитуды кривой ПС, коэффициентов эффективной пористости и нефтегазонасыщенности использованы для расчета эффективной и нефтенасыщенной мощностей по свитам нижнего отдела ПТ. Относительная песчанистость разреза рассчитана путем деления суммарной мощности песчано-алевритовых пластов к общей мощности разреза для верхне-, нижнекирмакинской подсвит и подкирмакинской свиты ПТ.



**Рис. 1. Диаграмма распределения значений эффективной пористости по свитам ПТ северной складки месторождения Пираллахи**

В третьей главе работы рассматриваются методы обоснования первого защищаемого положения. С целью прогнозирования нефте- и газонасыщенности миоцен-нижнеплиоценовых отложений представлены результаты проведенного детального изучения литологических, минералогических и геохимических особенностей северной складки месторождения Пираллахи, а также исследования условий осадконакопления с применением инновационных технологий обработки и интерпретации данных ГИС. В результате корреляции разрезов и сопоставления литологического и минералогического составов керновых данных по скважинам северо-восточной части месторождения установлено увеличение песчано-алевритовых разностей пород ПТ в ЮЗ – СВ направлении. Значительное присутствие рудных минералов в разрезе рас-

смаатриваемых пластов, по-видимому, обусловлено с одной стороны наличием их во всех возможных источниках питания, а с другой – с сингенетичным (аутигенным) образованием пирита непосредственно в бассейне седиментации (*in situ*). Количество устойчивых минералов (дистена, слюды и др.) и глауконита весьма ограничены. Первое, возможно, объясняется удаленностью источников сноса и с потерей этих минералов в путях транспортировки, а последнее зависит от условий осадконакопления глауконита. Повышенное содержание кварца (до 82, в среднем 33%) и наоборот пониженное – полевых шпатов (до 45, в среднем 26%) в легкой фракции отложений ПТ месторождения Пираллахи указывает на их привнос с расположенных на севере территорий, с влиянием источников сноса с Большого Кавказа.

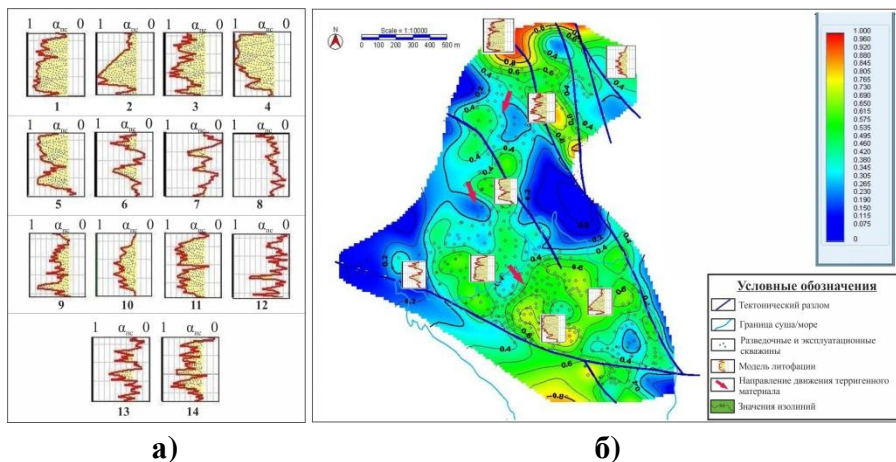
На основе обработки и интерпретации данных ГИС выполнена работа по воссозданию условий осадконакопления основных литофациальных типов геологического разреза по свитам нижнего отдела ПТ – надкирмакинской глинистой (НКГ), надкирмакинской песчанистой (НКП), кирмакинской и подкирмакинской. Определение фаций по данным ГИС проводилось согласно методике, представленной в работах В.С.Муромцева<sup>3</sup>, А.В.Ежовой<sup>4</sup> и Н.П.Юсубова<sup>5</sup>. При установлении электрометрических моделей использованы значения  $\alpha_{\text{пс}}$  как отношение значения кривой ПС к ее максимуму. Применение данной методики позволило реконструировать палеогидродинамическую обстановку и определить генезис осадков. В результате анализа каротажных кривых  $\alpha_{\text{пс}}$  были выделены основные электрометрические модели фаций для свит: НКГ, НКП, КС и ПК (рис. 2а).

---

<sup>3</sup> Муромцев, В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа / В.С.Муромцев. – Ленинград: Недра, – 1984. – 259 с.

<sup>4</sup> Ежова, А.В. Литология: Учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / А.В.Ежова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, – 2009. – 336 с.

<sup>5</sup> Юсубов, Н.П., Гулиев, И.С. Литолого-фациальные модели месторождения Гарадаг, 8-Марта, Сангачал-дениз, Дуванны-дениз, Хара-Зира адасы и Булла-дениз, приуроченных к свите перерыва по данным ГИС // – Баку: Азербайджанское нефтяное хозяйство, – 2015. №5, – с. 3-8.



**Рис. 2. а) Основные типы литофаций, определенные по кривым  $\alpha_{пс}$ : русловых отмелей ограниченно меандрирующих рек (1); вдольбереговых трансгрессивных баров и подводных валов (2); фации русловых отмелей интенсивно меандрирующих рек (3); барьерных островов (4); устьевых баров (5); головных частей разрывных течений (6); пойменных (штормовые пески) (7); русел и внутрирусловой отмели (пойменные) (8); надводной равнины дельтового комплекса (9); речных дюн (10); русел или подводного склона дельтового комплекса (11); песков разливов (12); мелководного шельфа (13); подводной равнины дельтового комплекса (14); б) Карта распределения средних значений  $\alpha_{пс}$  и основных литофациальных типов по свите ПК**

Установлено, что свита НКГ отложилась в зоне перехода от дельтово-речных к озерным условиям. Свита НКП характеризуется началом нового трансгрессивного этапа и представлена, в основном, фациями речных каналов. Отложения кирмакинской свиты, представленные чередованием песчано-алевритистых разностей с глинистыми разделами, формировались при низком, среднем и высоком гидродинамическом уровнях и, вероятно, образовались в области перехода от дельтовой равнины к обстановке мелководного бассейна. Данная область во время накопления отложений свиты ПК, представляла собой дельтовую равнину с преобладанием речных каналов.

Согласно результатам исследования керновых образцов речные фации свиты ПК представлены глинисто-алевритистыми песками, супесями и глинистыми супесями, с повышенным содержанием в их составе песчаной фракции ( $>0,1$  мм), варьирующей в пределах 43-69,7%. Общая пористость этих отложений колеблется в пределах 25,4-33,2%.

В целом, в районе исследований можно выделить два основных трансгрессивных этапа: от подошвы ПК до кровли КС и от подошвы НКП до кровли НКГ. Литофациальная изменчивость разрезов связана с ритмической сменой условий накопления осадков.

В результате исследования установлено, что основная роль в формировании объектов с достаточно хорошими коллекторскими свойствами принадлежит фациям речных каналов (рис. 2б). Сформированные песчаные объекты – коллекторы, как по наиболее перспективной нефтеносной свите ПК, так и по вышележащим свитам, являются, в основном, ловушками фациальных замещений и приурочены к крыльям брахиантиклинального поднятия. Увеличение мощности свит от свода складки к ее крыльям и межформационные нарушения подтверждают конседиментационный характер образования поднятия.

Далее, в главе рассматриваются литологические, минералогические и стратиграфические особенности миоценовых пород. Для исследования условий осадконакопления миоценовых отложений месторождения Пираллахи изучен ряд отношений химических элементов, произведен анализ изменения литологических, петрофизических характеристик и минерального состава их по разрезу и площади. В результате микроскопических исследований представлено детальное петрографическое описание образцов и построена литологическая колонка сарматских и майкопских отложений месторождения Пираллахи. Литологически район исследования характеризуется преимущественно глинистыми отложениями с прослоями тонкозернистых песчаников, алевритов и карбонатных разностей. Литологический разрез миоценовых отложений по керну хорошо сопоставляется с результатами интерпретации данных ГИС.

Произведено сопоставление литологических характеристик и значений геохимических отношений Sr/Ba, Fe/Mn, Na/K, и Na/Ca изученного района с миоценовыми отложениями западного Абшерона и Шамахи-Гобустанского района. В отложениях сармата при петрографическом исследовании определены как оксидные минералы железа (магнетит, лимонит и др.), так и сингенетичный пирит, что свидетельствует об обстановке переходного типа, характерной для шельфовых областей, но с преобладанием слабо восстановительного режима. Повышение содержания магнетита и лейкоксена, также говорит о мелководном характере бассейна. Значительное содержание пирита и органического вещества в изученных под микроскопом образцах майкопских отложений говорит о восстановительной среде. Большое содержание кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) в некоторых глинистых образованиях отложений майкопа и сармата, вероятно, связано не только с терригенной примесью, но и наличием в них коллоидального кремнезема.

По результатам проведенных микрофаунистических исследований 9-ти образцов миоценовых пород, отобранных из 3-х интервалов скважины №1201 месторождения Пираллахи, установлено наличие во всех образцах большого количества рыбных остатков, *Otolithus* sp. *Ovulites sarmaticus*, *Ovulites* sp. и в единичном – *Elphidium* sp., что указывает на среднесарматский возраст отложений.

Интерпретация отношений химических элементов и различных модулей, наличие характерной микрофауны, широкое распространение карбонатно-глинистой и кремнисто-глинистой фаций с прослоями тонкозернистого песчаника и алевролита указывают на мелководность сарматского и верхнемайкопского бассейнов. Повышенные значения отношения Sr/Ba и содержание карбонатных пород в сарматских отложениях указывают на солоноватоводный характер бассейна.

По растровым электронным изображениям, применяя программный комплекс STIMAN 3D, произведен детальный количественный анализ морфологических показателей минеральных частиц и порового пространства и установлены значения общей

пористости, что позволило с большей достоверностью оценить коллекторские свойства исследуемых пород. При сравнении морфологических показателей со значениями пористости установлено, что чем больше окатанность, округлость и сферичность минеральных частиц, тем выше общая пористость породы.

Применение растрового электронного микроскопа позволило наблюдать изображения поверхностей образцов с большим разрешением и получить более подробную информацию о морфологической структуре минералов в исследуемых породах, а использование ЭДС позволило на микронном уровне качественно и количественно изучить элементный состав минеральных частиц в образцах пород миоценового возраста. Учитывая наличие песчано-алевритистых, доломитовых, а также известково-глинистых пород, обладающих достаточными коллекторскими свойствами, удастся выдвигать их в качестве коллекторов в разрезе миоценовых отложений, особенно для газонасыщенности.

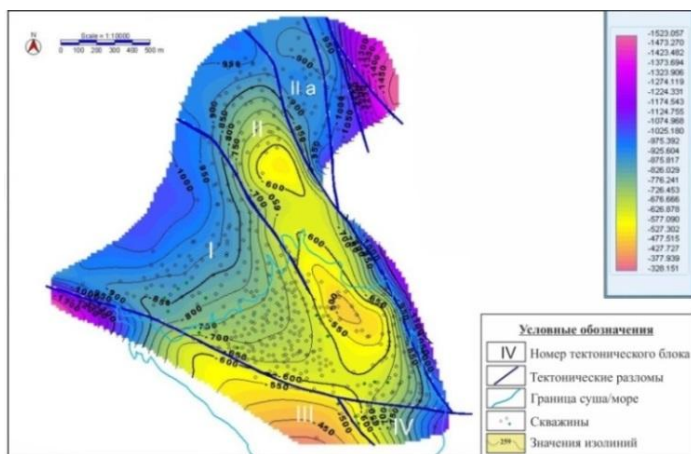
В результате анализа и корреляции геофизических данных отложений миоцена выявлены перспективные интервалы в разрезах скважин месторождений Гарби Абшерон и Пираллахи.

**В четвертой главе** рассматривается второе защищаемое положение. В начале главы, по результатам статистического анализа данных исследования термобарических условий в скважинах месторождений Абшеронского архипелага установлено закономерное повышение начального пластового давления и температуры в сторону погружения бассейна седиментации. Получены линейные и степенные зависимости изменения значений пластовой температуры от глубины для отдельных месторождений.

С целью изучения геологического строения и пространственного распределения перспективных пластов была проведена обработка и интерпретация материалов геофизических исследований в 482-х скважинах, с использованием программных обеспечений DV-Seis Geo, Kingdom, NeuraLog и NeuraMap и создана необходимая информационная база данных. В результате интерпретации и корреляции каротажных данных, было уточнено геологическое строение северного поднятия месторождения



Пираллахи по свитам НКГ, НКП, КС и ПК, построены структурные карты (рис.3) по отдельным свитам ПТ и разрезы вкрест простирания пластов. Установлено постепенное затухание продольного разлома в сторону сочленения северного и южного поднятий и ступенчато-надвиговой характер структуры 4-го блока.



**Рис. 3. Структурная карта по кровле свиты ПК северной складки месторождения Пираллахи**

Применяя методы комплексной интерпретации геолого-геофизической информации и метода Крикинга (Universal Kriging) в программном комплексе Kingdom построены карты распределения петрофизических и литологических параметров по отдельным подсвитам кирмакинской и по подкирмакинской свите ПТ. Детально изложено описание полученных карт по распределению значений нефтегазонасыщенности, эффективной пористости, песчанистости, эффективной и нефтенасыщенной мощностей. По составленным автором картам установлено, что в центральных частях 1-го и 2-го блоков нефтенасыщенность отложений по КС резко снижается, что связано с замещением коллекторских пород глинистыми отложениями. Данный факт указывает на то, что в распределении нефти по площади на этом месторождении помимо структурного фактора, важную роль играет и литофациальная изменчивость пород.

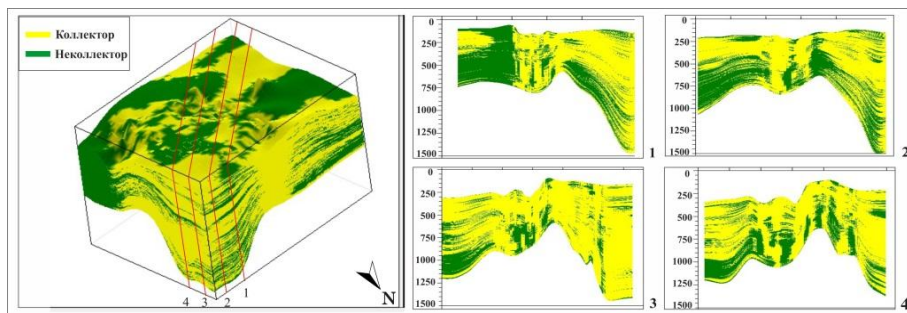
Свита ПК является наиболее нефтенасыщенной. Высокие значения  $K_{нт}$  (0,65 и более) определены в первом блоке, в присводовой и северной частях, а также в северо-восточном погружении месторождения. Среднее значение эффективной пористости для отложений свиты КС составляет 0,16. В отличие от вышележащей кирмакинской свиты, свита ПК характеризуется более высокими значениями эффективной пористости (в среднем 0,18), а также повышенной песчаностью (в среднем 0,61). Среднее значение эффективной нефтенасыщенной мощности для верхней части КС составляет 19 м, для нижнего – 28 м, а по свите ПК – 21 м. Положение водонефтяного контакта (ВНК) проанализировано, как по данным опробования скважин, так и по результатам интерпретации данных ГИС.

Далее, в главе рассмотрены этапы построения трехмерных литофациальных и петрофизических моделей. При построении модели месторождения Пираллахи первоначально, путем интерполяции значений глубин, были рассчитаны структурные поверхности по стратиграфическим маркерам отдельных свит ПТ, начиная от кровли балаханской свиты до подошвы свиты ПК. Далее, по рассчитанным поверхностям создается каркас модели – трехмерная геологическая сетка. В процессе следующего этапа моделирования, выполняется интерполяция скважинных данных на ячейки созданной трехмерной сетки. Причем, петрофизическое моделирование выполняется после завершения литологического моделирования<sup>6,7</sup>. По созданному каркасу модели и результатам работ, выполненных по определению петрофизических параметров среды, были построены следующие 3D модели – литологическая, эффективной пористости и нефтегазонасыщенности. Модели созданы как по всему разрезу продуктивной толщи (рис. 4), так и отдельно по кирмакинской свите (рис.5).

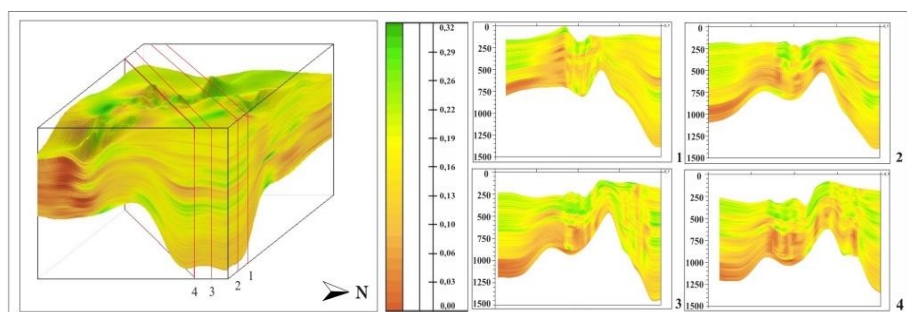
---

<sup>6</sup> Жемжурова, З.Н. Практикум по геолого-геофизическому моделированию разрабатываемых залежей нефти и газа. Учебное пособие / З.Н.Жемжурова, В.А.Чекунова, В.Н.Черноглазов; – Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа И.М.Губкина, – 2012. – 206 с.

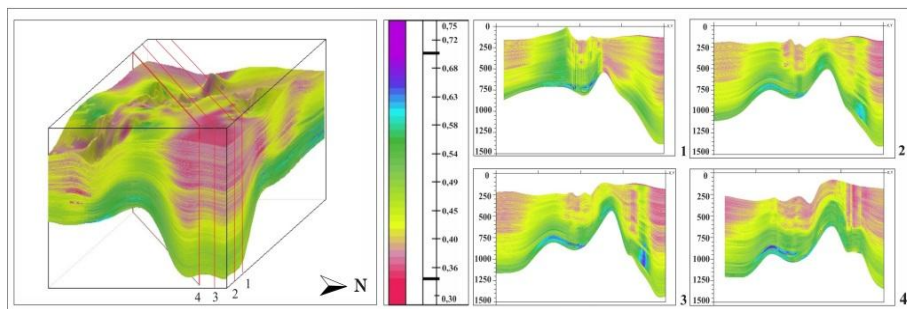
<sup>7</sup> Практический курс геологического моделирования / Г.М.Золоева, З.Н.Жемжурова, В.И.Рыжков [и др.]. – Москва: Недра, – 2010. – 319 с.



а)

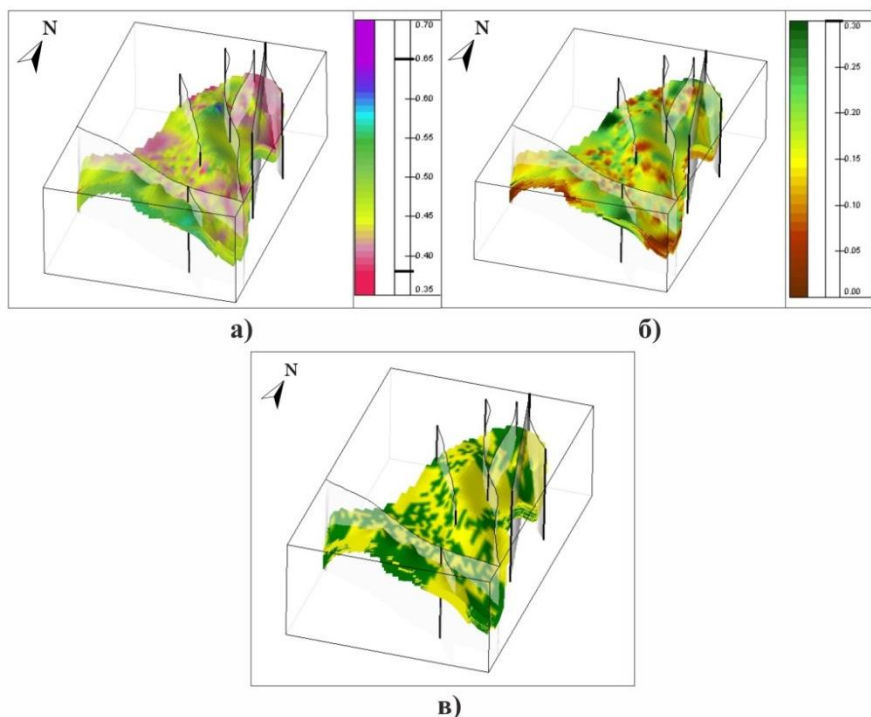


б)



в)

**Рис. 4. Трехмерные модели ПТ северной складки месторождения Пираллахи по значениям: а) литологии; б) эффективной пористости; в) нефтегазонасыщенности и последовательные сечения моделей в ЮЗ-СВ направлении (1, 2, 3 и 4)**



**Рис. 5. Трехмерные модели кирмакинской свиты северной складки месторождения Пираллахи по значениям:**  
**а) нефтегазонасыщенности; б) эффективной пористости;**  
**в) литологии**

Расчет моделей произведен с помощью параметрического моделирования на основе алгоритма Ланцоша в программном комплексе DV-Seis Geo, с учетом данных по 473-м скважинам. Согласно построенным гистограммам, наиболее часто встречающиеся значения эффективной пористости по всему разрезу ПТ для коллекторов составляют примерно 0,15-0,16, а для неколекторов – 0,09-0,1; по кирмакинской свите данные значения в коллекторах варьируют в пределах 0,14-0,16, а в неколекторах – 0,07-0,08.

В результате анализа построенных моделей определено как

латеральное, так и вертикальное изменение значений эффективной пористости и нефтегазонасыщенности по отложениям ПТ. Было выявлено, что наибольшие значения  $K_{нт}$  характерны для нижней части кирмакинской свиты и для подкирмакинской свиты. Область с повышенными значениями нефтегазонасыщенности приурочена, в основном, к 1-му и 2-му блокам месторождения.

Для достоверности полученных результатов, проведено сопоставление значений  $K_{нт}$ , рассчитанных по ГИС, с результатами опробования и добычи в скважинах по свитам КС, ПК и КаС, а также проведен корреляционный анализ значений пористости, измеренных по образцам керна и рассчитанных по данным ГИС и получена величина достоверности аппроксимации, равная 0,74.

В северо-восточной части и в зоне затухания продольного разлома северной складки месторождения (область стыковки 1-го и 2-го блоков) выделены наиболее перспективные участки для бурения разведочных и эксплуатационных скважин. Для уточнения геологического строения месторождения рекомендуется выполнение детальных сейсморазведочных работ.

С целью выявления закономерностей распределения коллекторских свойств и нефтенасыщенности пластов с определением ВНК проведена интерпретация данных электрического каротажа (ЭК) и корреляция горизонтов 14-ти новых (пробуренных в 2013-2014 гг.) скважин, расположенных в 1-м, 2-м и 4-м блоках месторождения Пираллахи. По результатам интерпретации в северо-западной части месторождения глубина контура нефтяной залежи по свите ПК колеблется, в пределах 800-865 м, тогда как в юго-восточной части – 572-620 м. В направлении с северо-запада на юго-восток северной складки общая мощность нижнего отдела ПТ в целом уменьшается примерно на 30%. В СЗ-ЮВ направлении нефтенасыщенность свиты КС увеличивается в зоне стыковки 1-го и 2-го блоков месторождения. Юго-восточная присводовая часть северной складки, а также северо-восточное погружение месторождения характеризуются наиболее благоприятными коллекторскими свойствами.

Таким образом, в результате корреляции каротажных диаграмм месторождения Пираллахи было оценено изменение мощностей отдельных свит ПТ – НКГ, НКП, КС, ПК и КаС в различных участках северного и южного поднятий месторождения, изучено распределение литологического состава пластов, а также определены закономерности размещения нефтенасыщенных толщ.

Сопоставление данных ЭК по месторождениям Абшеронского архипелага позволило установить закономерности распространения КаС и расширить ее границу в ССЗ направлении от месторождения Пираллахи. Наличие калинской свиты выявлено, как на северной, северо-восточной части, так и на юго-восточной периклинали северной складки месторождения Пираллахи. По результатам интерпретации каротажных данных в скважинах южной складки, разрез верхней части калинской свиты (КаС-1 и КаС-2) представлен более глинистыми пачками с низкими значениями  $\rho_k$  (3-5 Омм), а нижней (КаС-3) – более песчанистой, характеризующийся высокими показателями  $\rho_k$  (40-60 Омм) и дифференциацией кривой ПС. Мощность калинской свиты южного поднятия увеличивается в сторону погружения складки до 410 м. В направлении к северному поднятию месторождения, происходит выклинивание различных горизонтов КаС. Предполагается наличие залежей углеводородов промышленного значения в нижнем горизонте КаС присводовой части надвигового и поднадвигового блоков южной складки месторождения Пираллахи.

**В пятой главе** детально приводятся результаты корреляции и интерпретации геолого-геофизических данных по месторождениям Абшеронского архипелага (Дарвин кюпеси, Пираллахи, Чилув, Палчыг пильпиляси, Нефт Дашлары).

С целью изучения закономерностей изменения мощностей, эффективной пористости, песчанистости и нефтегазонасыщенности отдельных свит ПТ проведена региональная корреляция разрезов скважин по месторождениям Абшеронского архипелага. Установлено, что общая мощность свиты ПК значительно уменьшается в северо-западной части архипелага, что связано с

выклиниванием нижних слоев в сторону прибрежной части бассейна, тогда как мощность свит верхнего отдела ПТ увеличивается по мере погружения антиклинальных поясов в юго-восточном направлении. Нефтенасыщенность отложений на месторождениях архипелага, в основном, приурочена к ловушкам структурного типа. Не маловажную роль в распределении нефтяных залежей играют литофациальная изменчивость отложений и наличие тектонических нарушений.

В северо-западной части архипелага наиболее нефтеносными можно назвать свиты КС и ПК. По мере регионального погружения в юго-восточном направлении основными нефтеносными объектами являются свиты ПК и КаС, а также отмечается повышение нефтенасыщения в песчаных свитах НКП и перерыва. Нефтенасыщенность кирмакинской свиты уменьшается в связи с увеличением в ее составе глинистой составляющей. В юго-восточном направлении регионального профиля по месторождениям Чилов – Палчыг пильпиляси – Нефт Дашлары отмечено некоторое увеличение значений эффективной пористости и песчаности по свитам ПК и КаС, а в южном направлении антиклинального пояса Дарвин кюпеси – Гюрганы-дениз – некоторое повышение глинистости.

Наибольший интерес для перспектив разработки месторождений Абшеронского архипелага представляют нижележащие свиты ПТ, в частности, нижняя часть кирмакинской, подкирмакинской и калинской свиты. Перспективы северо-западной части архипелага, в основном, связаны с песчано-алевритовыми отложениями кирмакинской и подкирмакинской свит. Основными перспективными объектами калинской свиты можно рассматривать линзовидные прослойки песков и песчаников. В юго-восточной части архипелага повышаются перспективы обнаружения новых нефтенасыщенных объектов в свитах НКП, перерыва и нижних горизонтах балаханской свиты. Не исключена возможность выявления перспективных нефтегазоносных горизонтов в олигоцен-миоценовых отложениях. Значительные проявления газа в ряде скважин подтверждают их перспективность.

## ВЫВОДЫ

Обобщение и анализ результатов проведенных исследований позволяют сделать следующие основные выводы:

1. По результатам интерпретации и корреляции геолого-геофизических данных, с учетом новых каротажных материалов, уточнено геологическое строение месторождения Пираллахи, в частности, установлено постепенное затухание продольного разлома в сторону сочленения северного и южного поднятий и ступенчато-надвиговой характер структуры 4-го блока.

2. В результате фациального анализа установлены основные типы литофаций по свитам НКГ, НКП, КС и ПК, уточнены условия их осадконакопления и сопоставлены с петрофизическими параметрами. Согласно проведенному анализу выявлено, что основная роль в формировании объектов с достаточно хорошими коллекторскими свойствами, принадлежит фациям речных каналов [15, 16].

3. По данным анализа результатов минералого-литологических, геохимических, микрофаунистических и геофизических исследований миоценовых отложений установлены фациальные особенности и палеоусловия седиментации мелководного шельфа. По результатам количественного анализа морфологических показателей минеральных частиц и порового пространства по растровым электронным изображениям определены коллекторские свойства пород и дана прогнозная оценка перспективности миоценовых отложений [18, 21, 22].

4. Методом корреляционного анализа рассчитаны уравнения регрессии петрофизических параметров по различным литологическим типам пород и отдельным свитам ПТ, а также их изменения с глубиной для месторождений Абшеронского архипелага. Наиболее тесная корреляционная связь пористости и проницаемости установлена для среднезернистых песчаников и по свите ПК месторождения Пираллахи [13, 17].

5. Результаты интерпретации данных ГИС с учетом статистических исследований керновых материалов, показали, что в



пределах Абшеронского архипелага наблюдается некоторое улучшение коллекторских свойств пород (песчанистость и пористость) по подкирмакинской и калинской свитам в юго-восточном и их ухудшение – в южном направлениях [19].

6. На основе инновационных технологий интерпретации геолого-геофизических данных составлены карты распределения петрофизических и литологических параметров геологического разреза, а также структурные карты по свитам нижнего отдела ПТ, позволяющие предложить заложение новых скважин на месторождении Пираллахи [6, 7, 8, 14].

7. Для решения задач прогнозирования нефтегазоносности и емкостных характеристик коллекторов созданы трехмерные литологические и петрофизические модели северной складки месторождения Пираллахи, указывающие на перспективность юго-восточной присводовой части северной складки (область стыковки 1-го и 2-го блоков), а также северо-восточного погружения месторождения. Сопоставление результатов моделирования с фактическими геолого-геофизическими данными свидетельствует об их применимости в промысловой практике [3, 4, 11, 12].

8. Составленные фильтрационно-емкостные модели совместно с уточненными геолого-промысловыми данными позволяют повысить эффективность проводимых разведочных работ и разработки месторождения.

9. Проведена оценка перспектив нефтегазоносности новых объектов по нижней части кирмакинской свиты, а также по подкирмакинской и калинской свитам ПТ на месторождении Пираллахи.

**Основное содержание и результаты диссертации опубликованы в следующих работах:**

1. Shikhova, L.F. About the lithological peculiarities of the Productive Series // IV International Scientific Conference of Young Scientists and Students “Earth Sciences New Approaches and Achievements”, – Baku: – 5-6 October, – 2011. – p.150-152.

2. Шихова, Л.Ф. О литологических особенностях коллекторов Продуктивной толщи и их связь с петрофизическими параметрами // – Баку: Труды молодых ученых, – 2012. №6, – с. 46-53.
3. Shikhova, L.F., Najiyev, Ch.A. Method of estimation of hydrocarbon resources deposits at the late stage of development // 75<sup>th</sup> EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC, – London, UK: – 10-13 June, – 2013, – p. 1-3.
4. Hacıyev, Ç.A., Məmmədov, T.E., Şıxova, L.F. Şimali Pirallahi yatağında 3D petrofiziki modelləşdirmə əsasında Qırməkiəltı lay dəstəsinin işlənmə vəziyyətinin öyrənilməsi və neft ehtiyatının dəyərləndirilməsi // – Bakı: Azərbaycanca Geofizika Yenilikləri, – 2013. №3, – s. 20-27.
5. Шихова, Л.Ф., Волков, Т.Э., Мамедова, Т.С., Мамедов, Т.Э. Изучение геологического разреза Продуктивной толщи на основе материалов ГИС по отдельным слоям (на примере месторождения Пираллахи) // V Международная Научная Конференция Молодых Ученых и Студентов «Фундаментальная и прикладная геологическая наука: достижения перспективы, проблемы и пути их решения», – Баку: – 14-15 ноября, – 2013. – с. 369-370.
6. Shikhova, L.F. Study of Kirmaky suite of Productive series of Pirallahi oil-gas field on geophysical well logging data // Baku World Forum of Young Scientists “New Challenges in the World Science: Joint Approaches of Young Scientists”, – Baku: – 26-31 May, – 2014, – p.44-45.
7. Shikhova, L.F., Seyidov, V.M., Mammadov, T.E., Volkov, T.E. The petrophysical parameters analysis of Pirallahi field of the Absheron archipelago // 76<sup>th</sup> EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC, – Amsterdam, Netherlands: – 16-19 June, – 2014, – p. 1-3.
8. Шихова, Л.Ф. Оценка остаточного нефтенасыщения и анализ петрофизических параметров месторождения Пираллахи Абшеронского архипелага // – Баку: Труды молодых ученых, – 2015. №11, – с.107-110.
9. Shikhova, L.F., Efendiyeva, E.N. The estimation of reservoir and lithological properties of Productive Series Kirmaky Suite of Piral-

- lahi oil-gas field // The 6<sup>th</sup> International Geosciences Student Conference, – Prague, Czech Republic: – 13-16 July, – 2015, – p.188-189.
10. Shikhova, L.F. Lithological properties and mineralogical composition of Productive Series deposits of Pirallahi oil-gas field // VI International Conference of Young Scientists and Students “Multidisciplinary approach to solving problems of geology and geophysics”, – Baku: – 12-15 October, – 2015, – p.134-136.
  11. Shikhova, L.F. 3D lithological and petrophysical modeling of Productive Series of the northern part of Pirallahi oil-gas field of Absheron archipelago // International Conference “Increasing the knowledge about oil and gas reservoir - accuracy of predicting production performance”, – Baku: – 4-6 November, – 2015, – p. 57-58.
  12. Shikhova, L.F. 3D petrophysical modeling of Productive series of the northern part of Pirallahi oil-gas field of Absheron archipelago // – Baku: Azerbaijan geologist, – 2016. №20, – p. 79-86.
  13. Shikhova, L.F. Correlation analysis of petrophysical parameters and 3D modeling of Productive series in Absheron archipelago field // International Youth Forum “Integration processes of the world science in the 21<sup>th</sup> century”, – Ganja: – 10-14 October, – 2016, – p. 163-164.
  14. Шихова, Л.Ф. Петрофизические модели Кирмакинской свиты северной части месторождения Пираллахи / Л.Ф.Шихова, Ш.З.Ягубова, С.М.Гахраманлы [и др.] // Азербайджанское нефтяное хозяйство, – Баку: – 2017. №1, – с. 10-16.
  15. Шихова, Л.Ф. Литолого-фациальные модели залежей нефти месторождения Пираллахи по данным геофизических исследований скважин // – Киев: Геофизический журнал, – 2017. 39 (2), – с.126-136.
  16. Shikhova, L.F. Definition of depositional environment of Productive Series based on well logging data // 79<sup>th</sup> EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC, – Paris, France: – 12-15 June, – 2017, – p. 1-5.
  17. Shikhova, L.F. Reservoir characterization of Absheron archipelago fields // International Conference “The Caspian Region: Peculiarities of the geology (the offshore and adjacent oil and gas are-

- as)”, – Baku: – 1-3 November, – 2017, – p. 16-17.
18. Шихова, Л.Ф., Эфендиева, Э.Н. Условия осадконакопления и литолого-геохимические особенности миоценовых отложений месторождения Пираллахи Абшеронского архипелага // – Баку: Азербайджанское нефтяное хозяйство, – 2018. №2, – с. 3-12.
  19. Шихова, Л.Ф. Закономерности распределения коллекторских свойств пород Продуктивной толщи месторождений Абшеронского архипелага // – Баку: Геолог Азербайджана, – 2018. №22, – с. 90-101.
  20. Shikhova, L.F. Study of reservoir properties of Miocene deposits with the application of scanning electron microscope // VII International Scientific Conference of young scientists and students on "Information technologies in solving modern problems of geology and geophysics", – Baku: – 15-18 October, – 2018, – p. 56-57.
  21. Shikhova, L.F., Efendiyeva, E.N. Depositional environment and reservoir properties' evaluation of Miocene deposits of Pirallahi oil field // 5th Young Earth Scientists Congress, – Berlin, Germany: – 9-13 September, – 2019, – p. 68.
  22. Шихова, Л.Ф., Эфендиева, Э.Н. Миоценовые отложения западной части Абшеронского архипелага: литолого-минералогическое, геохимическое, геофизическое и микрофаунистическое исследования // – Воронеж: Вестник Воронежского Государственного Университета, серия Геология, – 2019. №4, – с. 47-56.

### **Личный вклад соискателя**

Работы [1, 2, 6, 8, 10-13, 15-17, 19, 20] выполнены самостоятельно, в работах [3-5, 7, 9, 14, 18, 21, 22] участие в постановке задачи, проведении лабораторных исследований и в обобщении результатов.



Защита диссертации состоится 24 мая 2021-го года в 14<sup>00</sup> на заседании Диссертационного совета ED 1.01, действующего на базе Института Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана

Адрес: AZ1143, Азербайджан, г.Баку, пр. Г.Джавида, 119.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана.

Электронная версия диссертации и автореферата размещена на официальном сайте Института Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана.

Автореферат разослан по соответствующим адресам 23 апреля 2021-го года.

Подписано в печать: 15.04.2021

Формат бумаги: 60x84<sup>1/16</sup>

Объём: 38051

Тираж: 70