# Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

УДК550.83.015(550.34)

На правах рукописи

# ИСАГАЛИЕВА АЙГУЛЬ КАЛИЕВНА

## Геофизические критерии геодинамического районирования нефтегазоносных районов юга Прикаспийской впадины

6D070600-Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD)

Научный консультант: Истекова С.А., доктор геол.-мин. наук, ассоц.профессор

Зарубежный научный консультант: Исаев В.И., доктор геол.-мин. наук, профессор

Республика Казахстан Алматы, 2023

# содержание

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	3
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1. АНАЛИЗ ПОЛНОТЫ И КАЧЕСТВА СОБРАННЫХ РЕЗУЛЬТА	TOB
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	11
1.1 Геологическая изученность района	11
1.2 Состояние информационной базы геофизических данных для	
геодинамического районирования юга Прикаспийской впадины	18
1.3 Состояние нефтепоисковой изученности района в связи с его глубинн	ЫМ
строением	29
2. ОБЗОР ПРЕЛСТАВЛЕНИЙ ГЛУБИННОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГ	0
СТРОЕНИЯ И ГЕОЛИНАМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНА	-
ИССЛЕЛОВАНИЙ	34
3. МЕТОЛИКА ИССЛЕЛОВАНИЙ	45
3.1 Основные метолические принципы исследований	45
3.2 Петрофизические исследования	
3.3 Сейсмические исслелования	
3.4 Гравиметрические исследования	
3.5 Магнитометрические исследования	71
3.6 Геотермические исслелования	75
3.7. Метолика комплексной интерпретации и построение геолого-	
геофизических разрезов	79
4. ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ	93
4.1 Анализ гравитационного поля	94
4.2 Анализ магнитного поля	102
4.3 Р-скоростная характеристика глубинных слоев земной коры	106
4.4 Моделирование литосферы вдоль региональных сейсмических	
профилей	112
4.4.1 Анализ скоростных характеристик региона	113
4.4.2 Анализ плотностных характеристик региона	119
4.4.3 Комплексный анализ Р-скоростных и плотностных характеристик	
региона	123
5. РОЛЬ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ	
ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ	
НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР	129
5.1 Характеристика глубинного строения	129
5.2 Геодинамические модели литосферы по линиям региональных	
профилей	144
5.3 Геофизические критериия нефтегазоносности юга Прикаспийской	
впадины	150
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	162
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	167

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие документы и стандарты:

- 1 Правила присуждения ученых степеней, утвержденных приказом МОН РК от 31марта 2011 года №127.
- 2 Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан послевузовское образование. Докторантура. ГОСО РК 5.04.034 –2011.
- 3 Правила присуждения ученых степеней от 31 марта 2011 года №127; межгосударственные стандарты: ГОСТ 7.32–2001 (изменения от 2006 г.). Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления;
- 4 ГОСТ 8.417–81 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин.
- 5 ГОСТ 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.
- 6 ГОСТ 7.9–95(ИСО 214-74) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу Реферат и аннотация. Общие требования.

# ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

МОВ – метод отраженных волн

КМПВ – корреляционный метод преломленных волн

МОВЗ – метод обменных волн землетрясений

МОН РК – Министерство Образования и Науки Республики Казахстан

ОГТ – общая глубинная точка

ГСЗ – глубинное сейсмическое зондирование

УВ – углеводороды

ГИС – геофизические исследования скважин

КМПВ – метод корреляционным преломенных волн

МОГТ – метод общей глубинной точки

ГСЗ – МОВЗ – глубинное сейсмическое зондирование методом обменных волн землетрясений

МТЗ – магнитотеллурическое зондирование

*ρ*−электрическое сопротивление, омметры (Ом·м)

мГл – единица измерения, миллигаллы

нТл – единица измерения, нанотесла

ΔТа – приращение измеряемой части вектора напряженности магнитного поля в процессе аэромагнитной съемки

 $\Delta g$  – приращение силы тяжести

V – скорость прохождения сейсмических волн в км/с

Vp – скорость прохождения продольной сейсмической волны в км/с

Vs – скорость прохождения поперечной сейсмической волны в км/с

НГТ – новая глобальная тектоника

ЗК – земная кора, ВМ – верхняя мантия

М – поверхность Мохоровичича (условная граница раздела земной коры и верхней мантии)

К – поверхность Конрада (условная граница раздела гранитнометаморфического и гранулит-базитового слоев)

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА – элемент тектоносферы: зона, обладающая специфическим от смежных зон глубинным строением, ансамблем тектонических структур, осадочных, магматических и метаморфических комплексов, возникших в строго определенных геодинамических (тектонических) условиях и связанных с ними полезных ископаемых

ДЕПРЕССИЯ – область прогибания земной коры или впадины

ЗЕМНАЯ КОРА – внешняя сиалическая геосфера Земли, верхняя часть литосферы толщиной до 40-75 км, слагающая наружную твердую оболочку и перекрывающая мантию выше раздела Мохоровичича.

КОНСОЛИДИРОВАННАЯ ЗЕМНАЯ КОРА – слои континентальной земной коры, подстилающие осадочный слой

ЗЕМНАЯ КОРА КОНТИНЕНТАЛЬНАЯ – внешняя оболочка континентов, состоящая из осадочного (мощностью до 10 и даже 20 км), «гранитного» (мощностью 15-20 на платформах, 25-30 км в горных областях) и

«базальтового» слоев. По реологии подразделяется на верхнюю (хрупкую) и нижнюю (более пластичную). Суммарная мощность может достигать 75 км.

ЗЕМНАЯ КОРА ОКЕАНИЧЕСКАЯ – слагает дно океанов и обладает небольшой мощностью (5-6 км), увеличивающейся к подножию континентов. Состоит из трех слоев: 1-й (осадочный); 2-й слой представлен базальтами и подстилающими их параллельными дайками диабазов; в 3-м слое преобладают магматические породы ультраосновного и основного составов – в верхней части габброиды, ниже – их чередование с ультрамафитами

ЛИТОСФЕРА – силикатная оболочка Земли мощностью около 100 км, включающая мантию и кору и объединяющая жесткие слои, лежащие над пластичной астеносферой

МАНТИЙНАЯ СТРУЯ (ПЛЮМ) – восходящая ветвь столбообразного потока горячего мантийного вещества, движущегося из глубин мантии к поверхности Земли

МОЩНОСТЬ (ТОЛЩИНА) СЛОЯ – это расстояние между его кровлей и подошвой. Различают: а) истинную мощность (М ист.), измеряемую по кратчайшему расстоянию; б) вертикальную мощность (М верт.), фиксируемую в вертикальной плоскости; в) видимую мощность, наблюдаемую в обнажениях ОРОГЕНЕЗ – горообразование как следствие столкновения литосферных плит. ОРОГЕН – горноскладчатое сооружение

ОСАДОЧНЫЙ БАССЕЙН – замкнутая область непрерывного или почти непрерывного распространения пород определенной формации, для различных частей которой характерна общность геолого-исторического процесса накопления осадков в единой крупной тектонической структуре (прогибе, грабене, синеклизе)

СКЛАДЧАТЫЙ (ПОДВИЖНЫЙ) ПОЯС – глобальная тектоническая единица, характеризующаяся в течение всей ее эволюции высокой тектонической активностью, формированием магматических и осадочных комплексов

ТЕКТОНИКА ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ – тектоническая парадигма, которая объясняет тектоническую и сейсмическую активность в верхней оболочке Земли взаимодействием литосферных плит, ограниченных сейсмическими поясами Земли, раздвигающихся вследствие спрединга и подвигающихся одна под другую в результате субдукции или сталкивающихся при коллизии

ТЕКТОНОФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ – это структурно-парагенетический метод изучения деформационных структур на количественной (вероятностной) кинематической основе с учетом РТ-условий дислокационного процесса и типа складчатости

ЧЕХОЛ ПЛАТФОРМЕННЫЙ – слабонарушенный осадочный, осадочновулканогенный слой пород, перекрывающих кристаллический фундамент платформы

#### введение

Новые открытия месторождений углеводородов, в настоящее время, возможны только на основе познания фундаментальных закономерностей развития нефтегазоносных процессов в тектоносфере, а также выявления на их основе глубинных критериев локализации в них углеводородов. Поэтому изучение глубинного строения, геодинамических режимов развития и связанной с ними нефтеносности, вовлечения в сферу прогноза и поисков новых потенциально перспективных нефтегазоносных структур являетс весьма актуальным вопросом. Решение этой проблемы возможно путем анализа накопленных к настоящему времени геологических и геофизических данных, преломления их в свете новейших тектонических концепций Земли, тектоносферы, ЭВОЛЮЦИИ разработки модели отображающей геодинамические условия зарождения и формирования нефтегазоносных систем.

За последние 30 лет накоплены новые геолого-геофизические и геохимические материалы, уточняющие геологическое строение отдельных районов Прикаспийского бассейна и степень перспективности на нефть и газ. Применение современных методов геофизических съемок и привлечение мощных вычислительных моделирующих комплексов позволили получить информацию, обеспечивающую высокое качество, а в ряде случаев – и необходимую достоверность получаемых результатов. Стала очевидной необходимость существенной корректировки имеющихся представлений о глубинном строении и геодинамическом развитии региона с учетом новых геолого-геофизических материалов, на базе современных геологических концепций формирования осадочных бассейнов и их нефтегазоносности.

К настоящему времени Запад Казахстана, как никакой другой район, охвачен широким комплексом геофизических методов исследований. Район исследований достаточно хорошо обеспечен материалами гравиметрической и аэромагнитной съемок, большим количеством профилей ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ, данными активно развивающейся сейсмотомографии, освещающей строение мантии в сейсмоактивном районе Южного Прикаспия до глубины 500 км, теплометрией, глубинной электроразведкой (МТЗ), однако, использование этих данных для целей поисковой геологии до последнего времени было недостаточным. Комплексный анализ геофизических данных, проведенный автором диссертации, позволил создать эффективную геофизическую основу для геодинамического районирования южной части Прикаспийской впадины, получить на ее основе дополнительные сведения о строении, как о верхних горизонтах земной коры, так и о строении литосферы до глубины 70 и более км, необходимые для выделении и прогноза новых нефтегазоносных районов.

**Цель исследований**: разработка и создание научно-методической основы изучения глубинного строения и геодинамики литосферы земной коры на основе анализа геофизических данных южной части Прикаспийского впадины, выявление ее главных глубинных неоднородностей, имеющих

отношение к нефтегазоносности региона.

Для достижения поставленной цели предусматривается *решение следующих задач:* 

- 1. Анализ и обобщение априорной геолого-геофизической и промысловогеологической информации по нефтегазоносности региона;
- 2. Анализ физических полей, моделей земной коры и мантии по линиям региональных профилей ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ;
- Пометодная и комплексная интерпретация результатов геофизических, структурно-геологических и петрофизических данных для составления физико-геологических разрезов земной коры на геодинамической основе исследуемого региона;
- 4. Установление связи нефтегазоносности региона с глубинным строением и геодинамическим режимом развития основных геологических структур на основе разработанных геофизических критериев.

Работа выполнена на основе анализа физических полей, моделей земной коры и мантии по линиям профилей ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ, гравии- и магниторазведки, существующих концепций геодинамики развития региона.

*Район исследований:* южная часть Прикаспийской впадины. Административно территория входит в Мангистаускую и Атыраускую области Республики Казахстан.

*Объект исследований:* литосфера южной Казахстанской части Прикаспийской впадины (Южный геоблок) и граничащих с ней геоструктур.

**Фактический материал.** В основу работы положены материалы фундаментальных и прикладных исследований Института Сейсмологии МОН РК и КазНИТУ им. К.И. Сатпаева по изучению и оценке природной и техногенной сейсмической и геотектонической опасности региона и создания базы данных геолого-геофизической информации Прикаспийской региона, полученных при непосредственном участии диссертанта в качестве одного из основных исполнителей.

*Связь диссертации с другими научно-исследовательскими работами.* Автор принимала непосредственное участие в выполнении следующих научных проектов:

1. 2021-2023 г. г. «Оценка сейсмической опасности территорий областей и городов Казахстана на современной научно-методической основе». Институт Сейсмологии МОН РК;

2. 2018 - 2020 г. г. «Комплексные исследования сейсмоопасных районов юго-востока Казахстана, и разработка основы системы раннего предупреждения о сильных землетрясениях». Институт Сейсмологии МОН РК;

3. 2015-2018 г. г. №757 МОН. ГФ.15. РИПР.32 «Сбор и анализ геофизической информации с целью формирования базы данных и создания цифровых моделей месторождений углеводородов Казахстана». КазНИТУ им. К.И.Сатпаева

*Методика исследований*. При реконструкции глубинных структур нижних частей земной коры, за основу приняты данные ГСЗ и МОВЗ-ГСЗ,

гравитационного, магнитного увязанные основными параметрами С (масштабов 1:500 000) и теплового полей, а при изучении верхних горизонтов сейсмических использованы результаты региональных исследований методом отраженных волн (МОВ, МОГТ), выполненные в большом объеме в масштабе 1:200 000. Сейсмические исследования сопровождались анализом гравиметрических результатов магнитометрических И наблюдений, позволившие установить блочное строение отдельных горизонтов земной коры, отображающие неоднородности строения различных слоев земной коры и сложные структурные взаимоотношения разнородных блоков осадочного чехла и нефтегазоносности региона.

Научная новизна исследований. Разработан новый научнометодический подход для формирования геофизической основы, необходимой глубинного строения литосферы при изучении И геодинамического районирования осадочных бассейнов, выделения И прогноза новых нефтегазоносных районов.

#### Основные научные результаты:

1. Выявлены особенности глубинного строения юга Прикаспийской впадины. По результатам Р-скоростного моделирования по линиям региональных профилей составлены карты рельефа и мощности глубинных границ юга Прикаспийской впадины в масштабе 1: 1 500 000, отображающие неоднородности строения различных слоев земной коры и сложные структурные взаимоотношения разнородных блоков низов осадочного чехла;

изучения 2. Ha основе современных данных высокоточной магниторазведки проведено геотектоническое районирование фундамента, кристаллического детализировано строение основания платформенного чехла, уточнены неоднородности верхних горизонтов осадочных комплексов:

3. На основании комплексного анализа геолого-геофизических данных южной части Прикаспийского бассейна: интерпретации сейсморазведки, бурения, учета положительных гравиметрических аномалий и области пониженного значения аномального магнитного поля, выделяемые в качестве геомагнитной ступени, выявлены зоны накопления средне- и верхнедевонских отложений в относительно приподнятом залегании, возможно связанные с нефтегазоносностью региона.

#### Практическая значимость:

1. Проведенные исследования с использованием вновь полученных геофизических данных показали широкую возможность геофизических методов для изучения глубинного строения нижних горизонтов земной коры, поверхности фундамента, додевонских комплексов и осадочного чехла крупных осадочных бассейнов;

2. Выявлены особенности глубинного строения юга Прикаспийской впадины. Анализ структурно-скоростных и плотностных разрезов по линиям региональных профилей, позволил выполнить районирование территории на основе соотношения ее отдельных слоев по типам земной коры

8

(континентальная, реликтовая палеоокеаническая, переходная кора) и составить схемы рельефа и мощности глубинных границ юга Прикаспийской впадины, отображающие неоднородности строения различных слоев земной коры и сложные структурные взаимоотношения разнородных блоков низов осадочного чехла, необходимые для геодинамического районирования осадочных бассейнов, выделения и прогноза новых нефтегазоносных районов;

3. На основании выявленной пространственной связи локальных аномалий гравитационного и магнитного полей со структурными элементами платформенного чехла возможен прогноз ряда новых перспективных палеозойских структур, сформированных в низах осадочного чехла, главным образом, в среднем-верхнем девоне и нижнем карбоне. Установленные на основе проведенного анализа закономерности распределения геофизических полей, могут стать основой стратегии поисковых работ в рассматриваемом регионе.

#### Основные защищаемые положения, выносимые на защиту:

1. Комплексная интерпретация структурно-геологических, геофизических и петрофизических данных позволила разработать принципы формирования физико-геологических моделей тектонических структур земной коры на геодинамической основе с повышенной точностью и достоверностью;

2. Карты рельефа и мощности глубинных границ юга Прикаспийской впадины в масштабе 1:1 500 000, построенные в результате Р-скоростного и моделирования ПО линиям региональных профилей, плотностного отображают неоднородности строения глубоких горизонтов земной коры и взаимоотношения блоков структурные разнородных сложные низов осадочного чехла юга Прикаспийской впадины.

3. В условиях больших глубин характер магнитного поля отражает зоны, приуроченные к изломам рельефа кровли магнитоактивных границ, связанных с контактами блоков пород с разной намагниченностью нижних горизонтов осадочного чехла, подтверждая и уточняя геотектоническое районирование основания осадочных комплексов юга Прикаспийской впадины;

4. Установленные зависимости сейсмических данных и бурения, учет положительных гравиметрических аномалий на фоне областей пониженного значения аномального магнитного поля, являются геофизическими критериями выявления зон накопления средне- и верхнедевонских отложений B относительно приподнятом залегании, возможно связанных с нефтегазоносностью региона.

Апробация работы. Основные результаты научных исследований диссертанта обсуждались на семинарах и заседаниях отделов и лабораторий Института Сейсмологии МОН РК, кафедрах и Совете докторантов PhD КазНИТУ им. К. Сатпаева. Научные положения диссертационной работы докладывались на международных научно-практических и республиканских конференциях и симпозиумах: «Парадигмальный характер фундаментальных и прикладных научных исследований, их генезис»: сборник научных статей. г.

Санкт-Петербург (2018г.), «Актуальные проблемы нефтегазовой геологии и инновационные методы и технологии освоения углеводородного потенциала недр» г. Ташкент (2019 г.), Межвузовский научный конгресс г. Москва (2020 г.), «Сатпаевские чтения» (2020 г.), «Global science and innovations: Central Asia». 2020 и 2021 гг.).

**Результаты исследований опубликованы** в 12 научных работах, в периодических изданиях Казахстана, странах СНГ, дальнего зарубежья, рекомендуемых "Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК", двух рукописных отчетах. По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 3 статьи в журнале с ненулевым импакт-фактором (квартили Q2, Q3), 2 статьи в журналах, рекомендованных МОН РК, 7 статей в сборниках, опубликованных по результатам научных международных и республиканских конференций.

*Научный консультанты*: доктор геолого-минералогических Истекова Сара Аманжоловна, зарубежный научный консультант Исаев Валерий Иванович, доктор геол.–мин. наук, профессор Томского Политехнического Университета, (РФ), которым автор выражает свою глубокую благодарность.

Особую признательность автор выражает Садыковой Алле Байсымаковне, доктору физ.-мат. наук, академику IEAS, заведующей лабораторией «Региональной сейсмичности», внесшей существенный вклад в решение актуальных вопросов сейсмологии Казахстана, основанных на широком использовании геофизических методов исследований.

Автор глубоко признателен коллегам по Институту Сейсмологии МЧС РК, в первую очередь зам. директору по науке канд. физ.-мат. наук Узбекову Нурсарсену Болатаевичу за всестороннюю поддержку и предоставление возможности в проведении научных исследований, заведующих лабораториями «Комплексного прогноза землетрясений» Виляеву Андрею Викторовичу, «Структурной геофизики» Степаненко Надежде Павловне, «Информационных технологий» Егинбековой Назым Тазабековне за научные консультации и ценные советы.

В процессе обучения в докторантуре и преподавательской деятельности в КазНИТУ им. К.И. Сатпаева диссертант получал всемерную помощь и поддержку коллектива кафедры Геофизики при выполнении научных исследований по теме диссертации. Автор благодарит: Ратова Боранбай Товбасаровича, докт. техн. наук, заведующего кафедрой; Исаеву Людмилу Джандуйсеновну, докт. геол.-мин. наук, профессора; Галину Тимофеевну Борисенко, кандидата геол.-минерал. наук, Умирову Гульзаду Кубашевну, докт. PhD; ст. преподавателей Аблесенову Зухру Нигметжановну и Әлиакбара Мадияра Манарбекұлы и весь учебно-вспомогательный состав кафедры.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 181страницах компьютерного текста и состоит из введения, 5 разделов, заключения и списка использованных источников, состоящего из 183-х наименований. Диссертация включает 79 рисунков и 3 таблицы.

### 1. АНАЛИЗ ПОЛНОТЫ И КАЧЕСТВА СОБРАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 1.1 Геологическая изученность района

Юг Прикаспийской впадины геоструктурно является краевой частью Восточно-Европейской (Русской) древней платформы, с востока ограничивается Уральским орогеном, глубинные подвижные разломы от которого дугообразно протягиваются к Каспийскому морю и служат зоной сочленения Прикаспийской впадины с Туранской молодой платформой (рисунок 1.1).



Условные обозначения на карте. 1 — Прикаспийская синеклиза Восточно-Европейской платформы с добайкальским фундаментом; 2 — Скифско-Туранская эпигерцинская платформа; 3 — Южная граница Прикаспийской синеклизы; 4 — Границы Северо-Каспийского региона; 5 — Северо-Астраханско-Биикжальская островодужная область блоковых поднятий фундамента с маломощным терригенным комплексом подсолевых отложений; 6 — Заволжско-Тугаракчанский прогиб по фундаменту, область интенсивного карбонатонакопления с преобладанием тектоно-седиментационных рифогенных биогерм в верхнем девоне — нижней перми (Астраханско- Приморская карбонатная платформа); 7 — Каракульско-Жельтаузская переходная от Прикаспийской мегасинеклизы к Скифско-Туранской плите покровно-надвиговая область дислокаций, с погребенными рифовыми массивами девона-нижняя пермь; 8 — тектоническая область кряжа Карпинского — Северо-Бузачинская, зона столкновения Скифско-Туранской и Восточно-Европейской платформ и субдукции; 9 — границы выступов по добайкальскому фундаменту; 10 — границы прогибов по добайкальскому фундаменту

Рисунок 1.1 — Схема тектоники зоны сочленения южной части Прикаспийской синеклизы Восточно-Европейской платформы и северовосточной части Скифско-Туранской плиты [181].

Регион Прикаспийской впадины издавна вызывал повышенный интерес в связи с перспективами наличия запасов углеводородного сырья. Начало его систематического геологического изучения относят к 1929-1930 гг. До 1949 г. геолого-геофизическое изучение Прикаспийской впадины выполнялось по

отдельным маршрутам отдельными исследователями и экспедициями, которые в большей части носили описательный характер. Нефтеносность южной части впадины установлена еще с дореволюционного времени. С 1932 г. начато проведение маятниковой гравитационной съемки и опробование геофизических методов. Активное геологическое изучение других Казахстанской части Прикаспийской впадины начато в послевоенные годы Изучением прошлого столетия. геологического строения Запалного Казахстана занимались объединение «Казахстаннефть», трест «Актюбнефть», Казахстанская геофизическая контора, Западно-Казахстанское геологическое управление (ЗКГУ), научные организации-ВНИГРИ (Ленинград) и ВНИГНИ (г. Москва).

После многих лет, когда основной объем поисково-разведочных работ на Южной Эмбе был сосредоточен вблизи разрабатываемых месторождений, главным направлением поисков новых нефтяных месторождений становится юго-восточная часть Прикаспийской впадины. В результате были выявлены месторождения Каратон, Теренозек, Тажигали, Кара-арна, что подтвердило правильность выбранного направления и предопределило проведение большого объема поисково-разведочных работ в этой перспективной в нефтеносном отношении зоне эмбинских соляных куполов. За 15 лет были открыты и введены в разработку новые месторождения Кошкар, Мунайлы, Тюлюс, Карсак и др., открыта и введена в разработку высокопродуктивная залежь в пермотриасовых отложениях на месторождении Кульсары и небольшая залежь в этих же отложениях на Северном Искине [1].

В этот период в пределах северного борта Прикаспийской впадины Западно-Казахстанской экспедиции начаты первые региональные геологические исследования. Изучением геологического строения всей территории Западного Казахстана начали заниматься, кроме объединения «Казахстаннефть» и треста «Актюбнефть», Казахстанской геофизической конторы, Западно-Казахстанского геологического управления (ЗКГУ), научные организации-ВНИГРИ (Ленинград) и ВНИГНИ (г. Москва).

С 1950 по 1952гг, в связи с изысканием трассы оросительного канала Урал-Волга, Гидропроектом в междуречье Урал-Волга было пробурено большое количество скважин, что позволило детально изучить четвертичные отложения. В этот период на юго-востоке Эмбинской области на большой территории была проведена аэрогеологическая съемка в масштабе 1:200000. В дальнейшем эти работы проведены в междуречье Урал-Волга, Устюрте и других частях Западного Казахстана (исполнители А.А. Корженевский, Н.И. Буялов, В.С. Журавлев, Л.Б. Аристархова, В.И. Самодуров, А.К. Замаренов, Ю.М. Васильев, и др.). Исследователями была составлена геологическая карта Западного Казахстана в м-бе 1:1 000 000. Геологами, геофизиками и работниками смежных специальностей разрабатывался широкий круг вопросов по стратиграфии, тектонике, палеогеографии, геохимии, нефтяной геологии и методике геологоразведочных работ. В этом отношении были достигнуты определенные успехи. Однако, эффективность работ в УралоЭмбинской области в сравнении с Волго-Уральскими областями, представлялась низкой. Среди ученых появилась неуверенность в широких возможностях нефтяной Эмбы, существовал разброд в оценке ее перспектив. В связи с этим возникла необходимость в поисках новых перспективных зон нефтегазонакопления. Одним из таких объектов предлагалась Южно-Эмбинское палеозойское поднятие на всем протяжении от берегов Каспийского моря до Мугоджар. Отдельными сейсмическими профилями был прослежен переход от Эмбинского бассейна к Северному Устюрту [2].

На основе региональных сейсмических исследований было обосновано и проведено опорное бурение. Разработана принципиальная схема расстановки опорных скважин, основу которой составляли два взаимно пересекающих профиля: меридиональный (Хобдинская, Макатская. Южно-Эмбинская скважины) и широтный (Шунгайская, Хобдинская и скважины Актюбинского Приуралья).

Региональным сейсмическим профилем был установлен антиклинальный перегиб пластов на Южно-Эмбинском гравитационном максимуме. В пределах, которого была заложена опорная скв. 2 Азнагул. На Хобдинском максимуме выявлена большая толщина надсолевых отложений (более 3,5 км) и повсеместное развитие соляных куполов, что снизило интерес к заложению здесь опорной скважины на подсолевые отложения, поскольку технические условия для бурения скважин на глубины более 3500м в то время отсутствовали. Скважина ОП-3 пробурена у западного склона Макатского соляного массива с целью изучения погребенной антиклинальной структуры, наметившейся по сейсмическим данным. Однако, скважиной выявлен лишь погребенный карниз соли. По техническим причинам скважина не достигла проектной глубины и не осветила разрез пермских отложений.

Региональные геолого-геофизические исследования на Южной Эмбе были ориентированы на изучение геологического строения и нефтегазоносности верхнепермского структурного этажа, соляных куполов, межкупольных зон и подсолевых отложений. Было ясно, что изыскание путей массового освоения соляных куполов и сопутствующих им залежей в межкупольных зонах могут предотвратить наметившуюся консервацию заведомо богатой, но недостаточно еще изученной нефтегазоносной области. К сожалению, ограниченные технические возможности не позволяли быстро справиться с этими перспективными задачами.

В дальнейшем региональные геолого-геофизические исследования были продолжены И осуществлялись параллельно активным поисковым изысканиям. Изучались геолого-структурные особенности зоны перехода от Русской платформы к Прикаспийской впадине на западе и северо-западе саратовскими, волгоградскими, астраханскими, оренбургскими и другими геологоразведочными организациями, включая трест «Актюбнефть», которые фундамента проследили ступенчатое строение c соответствующими ступенями, флексурообразными структурами в покрывающих породах. В пределах линейных складок Актюбинского Приуралья встречены весьма сложные геологические условия и сравнительно ограниченные притоки нефти и газа. В этот период стали появляться научные статьи, где давалось в виде рабочей гипотезы представление об основных чертах геологического строения и перспективах нефтегазоносности всей территории Южной части Прикаспийской впадины (В.Н.Неволин 1949 г; Н.А. Калинин. 1951; Г.Е. Айзенштадт, К.В. Антонов 1955 г. и др.).

В работе «Основные черты геологического строения нефтегазоносности Западного Казахстана» (Н.А. Калинин 1951) автором впервые подчеркивается значение разломов и дифференцированных движений блоков фундамента для формирования осадков и структур различного порядка, устанавливаются закономерности пространственного размещения нефтегазоносных зон. На этой основе также впервые представляется проект региональных геологогеофизических исследований и буровых работ для всей обширной территории Западного Казахстана.

Большой вклад в изучение геологии и нефтегазоносности Западного Казахстана внесли научные сотрудники ЦНИЛ ПО «Казахстаннефть», работники геологических служб, полевые и промысловые геологи, геофизики, постоянно систематизировавшие и анализирующие многочисленные факты. В этих работах принимали участие и сотрудники Института нефти Академии наук КазССР (В.Г. Беньковский, М.А. Арапетян, А.К. Замаренов и др.).

Однако геолого-геофизическая изученность и разведанность недр Прикаспийского Казахстанской части региона все еще оставалась недостаточной, о чем свидетельствовал низкий уровень подготовки запасов промышленных категорий. Особенно на низком уровне находились региональные исследования, глубокое структурное и опорное бурение, призванные выявить наиболее перспективные районы. Основные объемы работ были сосредоточены, главным образом, в Южно-Эмбинском районе, где нефтегазоносности велась разведка меловых, частично. юрских И, пермотриасовых отложений в присводовых частях соляных куполов.

Исходя из необходимости быстрейшего и комплексного изучения недр Казахстана, в 60-70 годах перед геологоразведочными организациями была поставлена задача: открытие в районах Западного Казахстана крупных нефтяных и газовых месторождений путем резкого усиления региональных геолого-геофизических исследований, опорного и структурно-поискового бурения, а также вовлечения в глубокую разведку не только соляных куполов, но и платформенных структур Южно-Эмбинского поднятия и Прикаспийской впадины.

Было принято решение об усилении регионального геологогеофизического изучения обширных территорий Прикаспийской впадины, ее обрамлений и сопредельных территорий Устюрта и Южного Мангышлака. В числе других задач перед региональными геофизическими исследованиями ставилась задача выявления районов с относительно неглубоким залеганием подсолевых отложений с целью бурения сверхглубоких скважин для выяснения перспектив нефтегазоносности этих отложений. Однако на тот момент техническая база и методы проводки сверхглубоких скважин были недостаточными, что сдерживало темпы разведки палеозойских толщ, но открытие месторождений Прорва и пермотриасовых залежей на месторождении Кенкияк, еще более усилило внимание к этим районам.

Дальнейшие геологоразведочные работы (1960-70 г. г) в Прикаспийской впадине были направлены на изучение сейсмическими работами и глубоким разведочным бурением территории Южно-Эмбинского гравитационного максимума, что позволило выявить в его пределах крупное погребенное палеозойское поднятие, осложненное серией локальных пологих структур. Разведочными скважинами на них вскрыты отложения карбона и девона, в которых встречены признаки нефти и газа [2]

В период до 1973 года выполнялось региональное изучение территории, включая государственную геологическую съемку в масштабе 1:200 000, гидрогеологические исследования разных масштабов, сейсморазведка в модификациях МОВ, КМПВ, электроразведка методами ВЭЗ, ДЭЗ, ТТ, гравиразведка масштаба 1:200 000 в начале и 1:50 000 в последующих периодах, а также аэромагнитные исследования преимущественно мелкого масштаба. Объемы структурного и глубокого бурения, приведшие к открытию нефтяных месторождений, увеличивались с каждым годом [3].

В период 80-90 годов большой объем геолого-геофизической и геологопромысловой информации, накопленный на казахстанской части юга и юговостока Прикаспийской впадины, позволил выявить новые продуктивные горизонты в надсолевых и подсолевых горизонтах, что привело к открытию 15 новых нефтяных месторождений. Ориентация нефтегазопоисковых работ на надсолевые, преимущественно юрско-триасовые, отложения и открытие ряда новых месторождений привела к выводу, что потенциал нефтеносности мезозойских отложений региона не раскрыт полностью и существует возможность значительных дальнейших открытий [4].

Продолжающие в предперестроичный период планомерные геологогеофизические и разведочные работы Прикаспия были ориентированы на изучение геологического строения и нефтегазоносности верхнепермского структурного этажа, соляных куполов, межкупольных зон и подсолевых отложений. Было ясно, что только изыскание путей массового освоения соляных куполов и сопутствующих им залежей в межкупольных зонах могут предотвратить наметившуюся консервацию заведомо богатой, но изученной нефтегазоносной области. недостаточно еще Геологами, геофизиками и работниками смежных специальностей разрабатывался широкий круг вопросов по стратиграфии, тектонике, палеогеографии, геохимии, нефтяной геологии и методике геологоразведочных работ. В этом отношении были достигнуты определенные успехи.

Буровые работы проводятся в пределах Прикаспийской впадины с 1911г. Всего пробурено более 2600 опорно-параметрических и поисковоразведочных скважин. На подсолевые отложений пробурено порядка 1250 скважин. Буровые работы, направленные на изучение подсолевого палеозойского комплекса, сосредоточены в основном на бортовых зонах, где последние залегают на доступных глубинах порядка 5000-7000м. При этом значительный объем буровых работ был направлен на решение геологических задач.

Сегодня геологоразведочные работы в Прикаспийской впадине направлены на изучение как надсолевого, так и подсолевого комплекса отложений. Прикаспийская впадина заснята полностью геологической съемкой масштаба 1:200 000 и на 30% - детальными геологическими съемками масштаба 1: 50000 и 1: 25000, в том числе с применением картировочного бурения. В результате этих работ составлена геологическая карта Прикаспийского осадочного бассейна [5] (рисунок 1. 2).



Рисунок 1.2 – Геологическая карта Казахстана. Фрагмент Прикаспийского бассейна (Бекжанов Г.Р. 1999)

#### 1.2 Состояние информационной базы геофизических данных для геодинамического районирования юга Прикаспийской впадины

При изучении глубинного строения глубоких горизонтов земной коры наибольшей разрешающей способностью обладают, как известно геофизика, включающая сейсмический, гравиметрический и магнитотеллурический методы исследований. Комплексное истолкование данных этих методов на основе корреляции скоростных, плотностных и геоэлектрических параметров изучаемой среды позволяет существенно повысить разрешаемую способность по каждому методу в отдельности, что способствует получению более достоверных результатов в целом. Материалы грави- и в меньшей степени магниторазведки, результаты исследования физических свойств пород

обеспечивают информацию структурных 0 неоднородностях преимущественно верхних горизонтов земной коры, в то время как для нижней части земной коры и верхней мантии важную роль играют данные магнитотеллурических сейсмических И исследований. Каждый ИЗ применяемых в настоящее время геофизических методов имеет с точки зрения поставленных задач достоинства и недостатки, технические и методические ограничения [6,7,8].

В 2015-2017 г. г. группой специалистов кафедры Геофизики КазНИТУ им. К.И. Сатпаева были выполнены научные исследования по теме: «Сбор и анализ геофизической информации с целью формирования базы данных и создания цифровых моделей месторождений углеводородов Казахстана», в рамках Грантового финансирования научных исследований МОН РК (Истекова С.А., Жылкыбаева Г.А., Исагалиева А.К., Аширов Б.К. и др., 2017). Работы по проекту проводились с целью создания базы геологогеофизических данных месторождений углеводородов Казахстана, разработки на ее основе технологии комплексной интерпретации геофизических материалов для поисков, разведки и оценки сложных по геологическому строению газонефтяных месторождений. Был создан ГИС-проект «База данных геологической информации Прикаспийской впадины», который направлен на получение цифровой информации для моделирования выявление прогнозно-поисковых геологического разреза И геологогеофизических критериев; выделение нефтегазовых геологических структур в толще осадочных образований; получение параметров для подсчета запасов и подготовки месторождений к рациональной разработке. В базе данных сформирован блок цифровых данных по региональным исследованиям казахстанской части Прикаспийской впадины [9,10,153].

Регион детально изучен аэромагнитной и гравиметрической съемкой, дальнейшее развитие получила и сейсморазведка.

Наибольшая интенсивность изучения территории относится к периоду 1974-1991 г. г, когда был освоен сейсморазведочный метод ОГТ. На этот период относятся наиболее значимые открытия месторождений (Тенгиз, Карачаганак, Кенкияк и многие другие).

Долгие годы одной из основных проблем, как и на всей территории СНГ, было отсутствие мобильной высокопроизводительной и высокоточной многофункциональной геофизической аппаратуры. Наличие такой аппаратуры в последние годы в современных компаниях позволяет с успехом использовать огромный накопленный опыт.

Гравиметрическими исследованиями изучена вся территория Прикаспийского бассейна с различной степенью точности и масштаба съемки. Гравиметрический метод был применен впервые в Прикаспийском осадочном бассейне в довоенное время пошлого столетия и характеризуется широким развитием вариометрических съемок. В этот период разрабатывались приемы и способы полевых наблюдений и методика интерпретации получаемых гравиметрических материалов. Вариометрические съемки сопровождались

наблюдениями, проводившимися маятниковыми с целью создания равномерной опорной сети. В эти годы гравиметрической съемкой было установлено впервые, что в Прикаспийском осадочном бассейне повсеместно развиты соляные купола И что соляным куполам соответствуют гравитационные минимумы, а разделяющим их мульдам максимумы. Наряду поисковыми съемками с площадными проводились детальные гравиметрические исследования с целью изучения формы соляных ядер, крутизны их склонов. Однако они давали лишь качественную характеристику морфологии ядер. Кроме предпринимались соляных того, попытки трассировать сбросы В надсолевых отложениях. Решить ЭТИ задачи гравиметрическим методом оказалось невозможным из-за низкого качества топографической основы и неравномерным расположением пунктов наблюдений при этих работах [11,154].

В дальнейшем гравиметрическая съемка проводилась при помощи гравиметров. В послевоенные годы почти на всей территории Западного Казахстана были проведены гравиметрические исследования с применением высокопроизводительных гравиметров ГКМ-5 в сочетании с гравиметрами Норгард. Результаты гравиметрических и вариометрических работ были обобщены в виде сводных карт (Э.Э.Фотиади, 1937;1940;1955гг), О.А.Шванком (1950-1951гг), А.Д.Тушкановой (1953г).

С годами ссовершенствовались методика полевых наблюдений и методика интерпретации материалов. В настоящее время вся территория Прикаспийского осадочного бассейна покрыта гравитационной съемкой различных масштабов и различной точности в МГЛ, а также продолжает выполняться в отдельных перспективных структурных условиях высокоточные съемки.

В период 1998 – 2011 гг. на суше и акватории Казахстанского сектора Каспийского гравиразведочные работы. моря выполнялись Гравиметрическими съемками на современном уровне изучены площади Федоровский блок, Лиман, Жанаталап Южный, Алибек Восточный, С.Нуржанов, Прорва Западная и прилегающие территории. Гравиметрические съемки с плотностью сети от 2-4 до 20 точек на 1 кв. км проведены с гравиметров CG-3, CG-5 И спутникового использованием систем позиционирования. Достигнута точность определения аномалий Буге ±(0.03-0.07) мГл, построены гравиметрические карты сечением 0.25 мГл. Значительные объемы гравиметрических работ по методике «штативных» съемок выполнены в транзитной и других труднодоступных зонах (сор Кайдак, транзитная зона Каспия, пойма р. Урал и другие), в результате получены сплошные (без пропусков) массивы гравитационного поля. Густота сети наблюдений составляла 2000х500 м, со сгущением до 1000х250, точность гравиметрических работ ±0.09 мГл и выше.

В 2003-2004 г.г. в дополнение к сейсморазведке 3Д проведены морские гравиметрические работы набортным гравиметром LaCoste&Romberg-S на площади структур Кашаган, Курмангазы, Жамбыл по сети основных

профилей меридионального направления, с межпрофильным расстоянием 1 км, и связующих профилей широтного направления, расположенных через 2 КМ. Гравиметрические. батиметрические И навигационные ланные регистрировались с интервалом 1 сек. Погрешность измерения гравитационного поля составила ±0.2-0.29 мГл, по результатам работ построены карты гравитационных аномалий с сечением 0.5-1 мГл, масштаб 1:100 000.

Результаты гравиметрических исследований существенно дополнили представления о структурно-тектоническом строении надсолевого комплекса, обусловленного соляной тектоникой, четко проявленной в гравитационном поле. В результате интерпретации гравитационное поле было разделено на локальные аномалии, связанные с рельефом кровли соли (соляными куполами), и обширные области положительных аномалий 1-го порядка, отображающие подсолевые карбонатные структуры. По материалам гравимагнитометрии уточнено положение южной границы распространения соляных отложений кунгура, локализованы своды рудиментарных соляных Выделены положительные структуры массивов. В девонскосреднекаменноугольной части разреза, рекомендовано целенаправленное изучение их природы и нефтегазоперспективности [12].

Южная Казахстанская часть территории Прикаспийского осадочного бассейна покрыта гравитационной съемкой масштабов 1: 500 000-1:200 000. По отдельным перспективным участкам выполнена высокоточная детальная съемка с применением высокопроизводительных современных гравиметров (1:50 000-1:25 000) [13].

В результате в комплексе с сейсмическими данными изучена морфология соляных ядер и их крутые склоны, и карнизы, а также получено представление о региональном характере гравитационного поля осадочного бассейна [13,14] (рисунок 1.3).

**Целенаправленные аэромагнитные исследования** по Прикаспийской впадине были начаты с 1950 года. Региональная аэромагнитная съемка масштаба 1:2 500 000 выполнена в северной части акватории Каспийского моря (О.Н.Соловьев и др.).



Рисунок 1.3 – Южная часть Прикаспийского бассейна. Структурная карта по кровле соли по данным сейсморазведки и гравиметрическим данным (ОГVI). (Коврижных П.Н., Воскобойников Д.М., Шагиров Б.Б. 2011)

В 1955 г. тем же НИИ выполнена аэромагнитная съемка масштаба 1:1 000 000 южной прибрежной части Прикаспийской впадины (В.М. Рыманов и др.). Новосибирским трестом Глав. геологии РСФСР выполнена аэромагнитная масштаба 1:200 000 обширной съемка территории, включаюшей юго-восточный борт Прикаспийской впадины, п-ова Мангышлак и Бузачи, плато Устюрт вплоть до Аральского моря на востоке (П.А.Коноплин и др.). Кольцовской экспедицией 1-го ГГУ была выполнена детальная аэромагнитная съемка масштаба 1:25000 в районе Северной Эмбы (И.И.Бессонов и др.). В 1960г. трестом «Спецгеофизика» МГиОН СССР выполнена аэромагнитная съемка масштаба 1:200 000 северной части Прикаспийской впадины и южной оконечности Уральских гор (Ю.Д. Иватоков).

С 1963 г. по 1966 г. в Центральном, Северном и Восточном Казахстане, частично на юге Республики, в Прикаспийской впадине и Тургайском прогибе Казахским геофизическим трестом, ВИРГом, КазВИРГом и Волковской экспедицией самолетах Ан-2 фотопривязкой маршрутов на с крупномасштабные аэромагнитные съемки выполнялись более современными аэромагнитометрами АМФ-21. 1961г. Казахским феррозондовыми В трестом новой аппаратурой Ан-2 опробована геофизическим С на радиогеодезическая привязка маршрутов, что позволило с 1963г. перейти к аэромагнитным съемкам масштаба 1:10 000 с повышенными требованиями к точности привязки маршрутов (±25 м) и точности активного вождения самолета (±30 м).

С появлением высокоточных протонных и квантовых магнитометров, измеряющих модуль полного вектора магнитного поля с точностью долей нТл,

навигации, обеспечивших радиогеодезических средств точность самолетовождения и плановой привязки измерений в пределах нескольких метров, а несколько позже – цифровой регистрации результатов измерений, возможности аэромагнитной съемки и круг решаемых ею задач существенно времени выполняется планомерное геологорасширились. С ЭТОГО геофизическое изучение региона, в том числе сплошное покрытие всей территории аэромагнитной съемкой масштабов 1:100 000 – 1:50 000, приостановленные в начале 1990-х годов распадом СССР, практически полным прекращением государственного финансирования, деградацией материально-организационной базы и кадрового состава предприятий, выполнявших эти работы.

Магнитное поле является высокоинформативным источником сведений о глубинном строении и вещественном составе пород, но аномалии от маломагнитных пород осадочного чехла нефтеперспективных регионов имеют амплитуды, не превышающие одного-двух десятков нТл. В таких условиях решить задачу расчленения осадочного чехла можно только с помощью высокоточных работ с ошибкой в доли нТл, максимум – 1,0-1,5 нТл.

Результаты старых съемок точностью ±10 – 25 нТл пригодны лишь для оценки глубин и морфологии магнитоактивных образований – главным образом, кристаллического фундамента. При тщательном планировании и исполнении работ с использованием современной магнитометрической и навигационной аппаратуры вполне достижима точность съемок в десятые доли нТл, что позволяет с помощью магнитных методов решать принципиально новые задачи, по некоторым данным [14] – вплоть до выявления прямых признаков наличия углеводородов.

Аэромагнитная съемка *с* использованием цифровой записи масштаба 1:200 000 с точностью – первые единицы нТл проведена на всей территории Прикаспийской впадины. К настоящему времени аэромагнитной съемкой с использованием цифровой аппаратуры и систем радионавигации охвачено около 80% территории Прикаспийской впадины и Бузачи-Устюрт-Мангышлакского региона. Высота полетов таких съемок – около 100 м, среднеквадратическая ошибка результатов – первые единицы нТл. Наиболее поздняя из таких съемок выполнена в 1992г. уже с использованием спутниковой системы навигации ГЛОНАСС (рисунок 1.4).

Начиная с 2011 г. силами НПЦ «Геокен» проведена высокоточная аэромагнитная съёмка с использованием цифровой записи масштаба 1:200 000, с точностью – первые единицы нТл с применением современной аппаратуры и средствами навигации, по площади охватывающей всю казахстанскую часть территории Прикаспийского бассейна и северную часть акватории Каспийского моря. В результате этих работ создана опорная сеть профилей 10 х 10 км, а также покрыты съёмкой масштаба 1:100 000 два больших участка – на востоке и на западе Прикаспийской впадины.



Рисунок 1.4 – Фрагмент схемы аэромагнитной изученности Казахстанской части Прикаспийского региона

Это позволило привести имеющиеся средне- и крупномасштабные съёмки к единому уровню и выполнить дополнительное уравнивание с учётом новых данных высокой точности. В результате этих работ создана единая карта магнитного поля Прикаспийской впадины и акватории казахстанского сектора Каспийского моря масштаба не менее 1:100 000. Кроме того, на значительной части территории имеются съёмки масштаба 1:50 000, редко – крупнее. Среднеквадратичная ошибка опорной сети – десятые доли нТл, общая ошибка карты не должна превысить  $\pm 1,0 \div 1,5$  нТл. [7]. Такая карта дает возможность на новой фактической базе провести анализ магнитного поля и комплексную интерпретацию накопленных К настоящему моменту материалов геолого-геофизических съёмок [15].

Анализ распределения магнитных аномалий позволил получить новые данные по глубинному расположению магнитных объектов, увязанных с этими аномалиями. На основе полученных новых данных по аэромагнитной съемке построена схема глубин главной магнитоактивной поверхности, которая увязывается с поверхностью фундамента (рисунок 1.5). Эти результаты в дальнейшем успешно использованы при решении задач региональной геологии региона, наряду с данными по гравиразведке, тепловым полям и сейсморазведке при оценке нефтегазоперспективности региона [16,17].

Основным методом нефтегазовой разведочной геофизики, является сейсморазведка, поскольку дает самое детальное изображение осадочной толщи. Главную роль в сейсморазведке играет метод отраженных волн (МОВ), а способы построения сейсмических изображений этим методом используют не только геофизики, но и геологи, поскольку именно они заинтересованы в точности и надежности получаемой информации [11,13,18-22].

*Региональные сейсмические поисковые исследования* начались с послевоенного времени прошлого столетия года в связи с развитием опорного бурения.





-Границы главных структурно тектонических элементов по данным сейсморазведки

Рисунок 1.5 – Схема поведения магнитоактивной поверхности (по данным комплексирования) [15]

В результате перевооружения сейсмических партий новыми сейсмостанциями и самоходными буровыми агрегатами с каждым годом увеличился объем сейсморазведочных работ. Соответственно, улучшилась методика и техника полевых наблюдений, методика их интерпретации, внедрялись новые методы исследований - КМПВ, метод точечных сейсмических зондирований, электроразведка переменных токов и др. Основными объектами изучения в Прикаспийской впадине были Южно-Эмбинский район и Актюбинское Приуралье.

Продолжение Южно-Эмбинского изучения гравитационного максимума позволило выявить сейсморазведочными работами поднятий Боранколь, Тугаракчан, Торесай, Дияр, Кумтобе, Жайылган, Жанасу и др. Результаты сейсморазведочных работ на Макате, получение фонтана нефти из пермотриасовых отложений на месторождении Кульсары способствовали повышению интереса к изучению предмезозойского структурного этажа в области погребенных крутых склонов соли, на периферии соляных куполов и в межкупольных зонах. Сейсмическими исследованиями были выявлены погребенные крутые склоны соли на периферии ряда куполов Южной Эмбы: Корсак, Акатколь, Доссор, Кульсары, Сагиз (М.И. Баренбойм, А.С. Борисевич, Е.А.Струняшева и др.). Бурение скважин на месторождении Кулсары привело к получению фонтана газа. Однако, из-за ограниченного объема буровых работ, слабой изученности предмезозойского структурного этажа и незнания

закономерностей размещения залежей за пределами сводов соляных куполов, успехи разведки оставались незначительными.

лальнейшем сейсмические региональные B В регионе начаты исследования методами МОВЗ-ГСЗ, КМПВ, МОВ, направленные на изучение глубоких горизонты (подсолевые отложения, фундамент, земная кора). Выделены основные и опорные сейсмических горизонты (Тф, П<sub>3</sub>, П<sub>2</sub>, П<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>, VI, V, III и др.). По поверхности фундамента на юге впадины выявлены Новобогатинский, Гурьевский и Алтыкульский выступы. В целом. сейсморазведочные работы и параметрическое бурение позволили уточнить строение верхней части земной коры, осадочного слоя, подсолевой толщи, наметить границы распространения основных нефтегазоносных комплексов и перспективных объектов для проведения нефтепоисковых работ. Установлено блоково-ступенчатое строение бортовых зон Прикаспия, более достоверно протрассированы зоны развития карбонатных и терригенных отложений в верхней части палеозойского комплекса.

Комплексные геолого-геофизические исследования последних лет (сейсмо-, грави-, магниторазведка, глубокое бурение) в прибортовых зонах Прикаспийской впадины показали, что на юго-востоке бассейна высокой сложностью строения отличается Южно-Эмбинское поднятие. В подсолевом комплексе выделены горизонты  $\Pi_1$ ,  $\Pi_1^{-1}$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_{\pi}^{-1}$ ,  $\Pi_{\pi}^{-2}$ ,  $\Pi_3$ . В прерывистослоистом комплексе уточнено прослеживание горизонтов  $\Pi_3$  и  $\Pi_{\phi}$ . [18]. В южной части междуречья Урал-Волга региональными исследованиями МОГТ установлено, что толщина осадочного чехла в районе Астраханского свода достигает 9,0 км. Установлено более глубокое залегание кристаллического фундамента в пределах Южно-Эмбинского прогиба, который в районе месторождения Тортай (северный склон Южно-Эмбинского палеозойского поднятия) залегает на глубинах свыше 12 км. По ранее предложенным схемам, глубина залегания фундамента здесь предполагалась на отметке 9 км [19-20].

Более глубокое залегание поверхности фундамента установлено также в Актюбинско-Астраханской зоны поднятий. пределах Это позволяет предполагать увеличение толщины додевонского комплекса в пределах Южно-Эмбинского прогиба и в других частях впадины, что увеличивает диапазон нефтепоисковых исследований в разрезе бассейна. По результатам бурения скважины на структуре Тасым Юго-Восточный получен положительный Актюбинскорезультат подсолевом комплексе В Астраханской зоны поднятий. Тем самым подтвердился многолетний прогноз отечественных геологов и геофизиков о возможной нефтегазоносности палеозойских отложений во внутренних более погруженных областях Прикаспийского бассейна осадконакопления. Результаты бурения данной подсолевой скважины повышают как степень прогноза глубоких месторождений на других аналогичных объектах, так и уверенность эффективно осваивать аналогичные объекты уже в ближайшее время [21, 22].

Большую роль при изучении глубинного строения земной коры и верхней мантии принадлежит комплексным исследованиям по системе

региональных профилей – геотраверсов. На их основе в Казахстане построены модели литосферы до глубины 100-200 км, выявившие неоднородно-блоковое строение земной коры и верхней мантии [23]. Так по данным МТЗ высокоомная истощенная мантия подстилает блоки (террейны) древней низкоомная континентальной коры, a неистошенная блоки палеоокеанической коры – основание относительно молодых рифтовых зон и т.п. На глубинах около 200 км электрическое сопротивление вещества мантии резко понижается, что предположительно увязывается с поднятием кровли астеносферного слоя. Разломы верхней В мантии, правило, как выполаживаются, подчеркивая развитие надвиговых структур на разных глубинных уровнях литосферы. Структуры земной коры в ряде случаев продолжаются в верхней мантии, но иногда сорваны и смещены по отношению к своим мантийным корням [24].

В Казахстане среди геофизических методов изучения строения земной коры и верхней мантий доминирующее значение приобрели региональные сейсмические методы: вначале КМПВ, затем ГСЗ и его комбинации с методом обменных волн землетрясений (МОВЗ). Территория Казахстана покрыта наиболее густой, в пределах СНГ, сетью профилей региональных сейсмических зондирований: наибольшая плотность профилей на юго-востоке Казахстана и в Прикаспийской впадине, наименьшая – в пределах восточного Приаралья и Тургайского прогиба. Отсутствие традиционной глубинной сейсморазведки восполнено профильной сейсмической томографией [6, 25-27] (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Схема региональных сейсмических профиле (ГСЗ) Прикаспийского региона [25]

Большой вклад в представление о строении Земли внесли мировые сейсмотомографические исследования по сотням тысяч записей

землетрясений стационарных сейсмологических станций, обработанным компьютерным способом. В итоге впервые составлены динамические модели Земли до границы "мантия-ядро", отображающие структуру слоев нижней мантии до глубины 2 900 км. Томографические исследования позволяют выделить в мантии высокоскоростные погружающиеся литосферные плиты (холодные слэбы) и, тесно связанных с ними, низкоскоростные мантийные потоки (горячие плюмы), обеспечивающие изменения структуры земной коры и рельефа.

В Казахстане метод сейсмотомографии развивался В. И. Шациловым и др. в содружестве с учеными Кыргызстана и КНР для сейсмоактивных районов современных горных систем Тянь-Шаня и Памира [2].

Изучение неоднородности геологического строения глубоких горизонтов земной коры и верхней мантии в пределах изучаемой территории проведены автором по результатам исследования методом ГСЗ по 5 региональным профилям: Атрек-Абдулино-Сагиз, Волгоград-Челкар-Тургайский, Эмба-Колпашево, Краснодар-Эмба, Меридиан 50<sup>0</sup>.

Профилями ГСЗ прослежены горизонты, приуроченные к нижним горизонтам земной коры до глубины 40-47км (поверхность Мохо). Значительный прогресс в геологической интерпретации материалов ГСЗ и МОВЗ-ГСЗ достигнут на основе разработанной В.И. Шациловым методики построения двумерных структурно-скоростных моделей литосферы, успешно опробованной по территории юго-востока Казахстана. Использование указанных моделей по профилям геотраверсов обеспечило более высокий уровень построения геолого-геофизических разрезов и увязку глубинных структур с поверхностными [25] (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Скоростная модель по профилю Абдулино- Сагиз

Наряду с традиционными геолого-геофизическими методами исследований по Прикаспийскому региону проводились работы по дешифрированию космических снимков и изучению тепловых полей. Территория Прикаспийской впадины, полностью, равномерно изучена различными космическими аппаратами.

Наиболее распространенными и доступными для решения различных природопользовательских задач, в т.ч. связанных с геологией, являются космические снимки с аппаратов Terra, Aqua, Landsat, IRS, Radarsat и др. Для общего представления на рисунке 1.8 приведена схема космической изученности территории Республики Казахстан.



Рисунок 1.8 – Схема аэрокосмической изученности [11]

Космические снимки Landsat в видимом и тепловом диапазоне используются при решении задач геотектонического районирования, выделении различных геотектонических структур путем прослеживания линеаментов и выделения тепловых аномалий. Для этого используются соответствующие специализированные системы и пакеты компьютерных программ. Результаты съемок радиолокационной системой Radarsat применяются для построения рельефа местности и построения его трехмерной модели. Эти материалы оказывают большую помощь при геотектоническом районировании, выделении и прослеживании как зон разломов, так и локальных структур, в т.ч. унаследованных [11].

Таким образом, обзор информации базы данных по состоянию региональных геофизических исследований показал, что юг Прикаспийской впадины, как и вся ее территория в целом, характеризуется высокой степенью геолого-геофизической изученности региональными методами, поэтому глубинные построения в достаточной мере обеспечены геофизическими материалами. Однако, полученные на сегодняшний день результаты обобщения и анализа исследований глубоких горизонтов земной коры, включают в основном региональные построения по гравиметрическим и магнитометрическим данным. Практически не использованы результаты исследований по региональным геотраверсам, а также по данным космо- и тепловой съемкам.

Существующая сегодняшний информационная на день база региональных геофизических данных, несомненно, является, по мнению автора, основанием для дальнейшего более углубленного изучения и уточнения модели глубинного строения и геодинамического развития литосферы юга Прикаспийского осадочного бассейна. Перед авторами стоит задача, на основе корреляции скоростных, плотностных, геоэлектрических и других установленных физических параметров, широко используя результаты, полученные по геофизическим данным, при изучении верхних горизонтов земной коры (осадочного слоя), на основе комплексного их анализа, провести увязку структурных неоднородностей верхних горизонтов с неоднородностями нижней части земной коры и верхней мантии (гранитнометаморфического, гранулит-базитового слоев, поверхности М) в свете геодинамического развития литосферы юга Прикаспийского бассейна.

По имеющейся на сегодняшний день геофизической информации по югу Прикаспийской впадины, возможно на качественном уровне выделение крупных геотектонических элементов: поднятий, прогибов, тектонических разломов, надвигов по глубинным горизонтам земной коры, поверхности фундамента и перекрывающим толщам.

# 1.3 Состояние нефтепоисковой изученности района в связи с его глубинным строением

научно-исследовательские Регулярные работы по переоценке прогнозных ресурсов крупных нефтегазоносных районов начаты на территории бывшего СССР, в том числе и в Казахстан, с 60-х годов прошлого века, т.е. с периода открытия первой большой нефти на Южном Мангышлаке. Обобщение и анализ накопленной геолого-геофизической и промысловой нефтегазогеологическому районированию информации по территорий осадочных бассейнов и экваториальных частей Каспийского и Аральского морей в пределах Казахстанских секторов проводились до 1988 года. Благодаря анализу огромной базы данных, созданной трудом сотен тысяч специалистов, занимавшихся на протяжении предшествующих десятилетий изучением недр Республики, и, в частности, Западным Казахстаном, в процессе тематических исследований изучено геологическое строение, тектоника и нефтегазоносность Прикаспийского бассейна.

Методология качественной и количественной оценок перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов Казахстана длительное время совершенствовалась в направлении детальности нефтегазогеологического районирования и повышения достоверности выделения зон нефтегазонакопления, как главных объектов прогноза и выявления поисковых объектов внутри осадочного бассейна. По мере повышения степени геологогеофизической изученности и развития геологической науки расширялся комплекс факторов, используемых при обосновании нефтегазогеологического районирования т.е. решения конечной задачи качественной оценки перспектив нефтегазоносности [3, 28-36].

Огромный объем геолого-геофизических данных, накопленный на протяжении последних 20-25 лет и отсутствие планомерного и комплексного изучения осадочных бассейнов Казахстана, послужили обоснованием проведения обобщающих исследования с учетом новых достижений с целью геотектонического и нефтегазогеологического районирования района.

В Институте геологических наук им. К.И. Сатпаева много лет проводятся обобщающие исследования по направлению "Научное обоснование потенциала нефтегазоносности осадочных бассейнов Казахстана и стратегии развития нефтегазовой отрасли". Конечным результатом работы стало издание в 2002 году новой "Карты прогноза нефтегазоносности Казахстана", а также Объяснительной записки к ней, обосновывающей принципы построения карты и закономерности размещения месторождений нефти и газ [16,31].

Карта прогноза отражает современную оценку перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов Казахстана. Впервые проведено нефтегазогеологическое районирование и показана прогнозная оценка акваторий Каспийского и Аральского морей. В осадочных бассейнах, где установлено существование нескольких нефтегазоносных комплексов, дана раздельная, поэтажная оценка перспектив нефтегазоносности. На прогнозной карте показано положение 202 месторождений нефти и газа, описанных в "Справочнике месторождений нефти и газа Казахстана" [28, 30].

В 2009 году по заказу АО НК «КазМунайГаз», большой группой специалистов (авторы: Акчулаков У.А., Абилхасимов Х.Б., Ажгалиев Д.К., Таскинбаев К.М. и др.) проведены тематические исследования по изучению геологического строения, тектоники и нефтегазоносности Прикаспийского бассейна подготовки обоснования направлений дальнейших И геологоразведочных работ на нефть и газ. Основанием исследований стало отсутствие планомерного и комплексного изучения осадочных бассейнов Казахстана на протяжении последних 20-25 лет. В 2012 году был представлен окончательный отчет «Комплексное изучение осадочных бассейнов Республики Казахстан за 2009-2011 годы. В отчете систематизированы и обобщены данные, накопившиеся по состоянию на 01.01.2009г. по 15 осадочным бассейнам Казахстана (рисунок 1.9).

Одним из результатов этой систематизации являются составленные попланшетно (1:200 000) схемы магнитной, гравиметрической, буровой и сейсмической изученностей по территории всего бассейна. Также, попланшетно (1:200 000) составлены карты по отражающим горизонтам VI (кровля соленосного кунгура), V (кровля триаса отложений) и III (кровля юры).



Рисунок 1.9 – Схема размещения осадочных бассейнов Казахстана (Акчулаков У.А., Абилхасимов Х.Б. и др. 2012 г)

Впервые подготовлены карты солянокупольной тектоники до широты 48<sup>0</sup>. Авторами пересмотрено геологическое строение, выполнено тектоническое и нефтегазогеологическое районирование, бассейновое моделирование, качественная и количественная оценка прогнозных ресурсов. Проведена оценка нефтегазоносности палеозойских отложений, с выделением зоны, различных по степени перспективности.

При проведении нефтегазогеологического районирования В фундамента подсолевого значительной мере учитывались тектоника комплекса, литолого-фациальный палеозойского мощность И состав отложений, геохимический фактор, размещение известных скоплений УВ, возможные типы ловушек. На формирование скоплений УВ определяющее влияние оказал тектонический фактор (рисунок 1.10).

Анализ и обобщение результатов проведенных геолого-геофизических исследований подсолевых отложений указывает, что основным критерием поисков являлся структурный фактор. Другие особенности в геологическом строении, в частности, литолого-фациальные и палеогеографические характеристики имеют «подчиненное» значение в оценке полученных результатов. Представляется, что степень надежности и кондиционности выявленных структурных поднятий неоднозначна и требует дополнительного обоснования.



	Условные обозначения		
	Государственная гр	оаница	Зоны нефтегазонакопления
	Областные границы		1 – Октябрьская
	Железные дороги		2 – Новобогатинская
	Нефтепроводы		3 – Кашаганская
	Газопроводы		4 – Приморская
۲	Областные центры		5 – Северо-Эмбинская
Θ	Районные центры		6 – Аккудукская
0	Города		7 – Южно-Эмбинская
	Береговая линия		8 – Адайская
	Реки пересыхающие		
	Южная граница Прикаспий	йского	
	бассейна		
	Граница южного геоблока		
	Региональные разломы		
	Изогипсы по поверхности Г	$I_1$	
$\sim$	Изогипсы по поверхности Г	I <sub>3</sub>	
$\bigcirc$	Месторождения		

Рисунок 1.10 – Нефтегазогеологическое районирование Южного геоблока Прикаспийского бассейна (Акчулаков У.А., Абилхасимов Х.Б. и др. 2012 г).

В связи с этим изучение истории формирования структур, выделение вероятных локальных резервуаров является одной из важных задач дальнейших поисковых исследований в подсолевом комплексе Прикаспия.

Литолого-фациальный состав подсолевых пород, гидрогеологическая обстановка и термобарические условия были благоприятными для нефтегазообразования на большей части впадины. Региональная сульфатногалогенная толща кунгур служит в определенной степени надежным флюидоупором. Различный фазовый состав УВ в подсолевом комплексе (нефть, газ, конденсат) обусловлен различными глубинами размыва. В истории геологического развития Прикаспийского бассейна имели место несколько период интенсивного оживления тектонической деятельности, что отразилось как на формировании, так и сокращении скоплений УВ.

С позиции условий миграции и аккумуляции жидких и газообразных углеводородов наибольшие перспективы открытия крупных месторождений углеводородов приурочены к приподнятым зонам – к крупным сводам валообразным поднятиям, внутренним бортовым зонам. Сложное строение впадины, обусловленное блоковой тектоникой, характеризующейся разновременным и разно амплитудным развитием, требует комплексного подхода при выделении нефтегазоносных элементов.

Слабая структурная выраженность ряда тектонических элементов фундамента впадины В подсолевом осадочном чехле затрудняет универсальной общепринятого использование в качестве основы принципа. В связи с этим за основу нефтегазового тектонического нефтегазоносных районирования при выделении областей принято тектоническое районирование фундамента бассейна.

Анализ результатов бассейнового моделирования, проведенного в рамках проекта: показывает, что основная миграция УВ происходит в подсолевой части из додевонских отложений и указывают на неоднократное превышение первоначально подсчитанных запасов УВ в бортовых зонах ПВ. Возможно, это является дополнительным свидетельством, подтверждающим существование глубинных каналов подпитки залежей УВ, и говорит в пользу абиогенно-мантийной теории происхождения УВ [35].

Этой теме посвящено достаточное число публикаций в периодике, которые отображены в результатах исследований В.Е. Хаина, Л.И. Красного, М.А. Садовского, В.Ф. Писаренко, В.Б. Арчегова, Н.К. Винниченко, И.В. Глущенко, В.Н. Степченко и др., создавших учение о слоисто-блоковой структуре земной коры.

В целом высокая перспективность нефтегазоносности месторождений Прикаспия обусловлена совокупным влиянием ряда факторов и условий, среди которых надо выделить [36]:

1. Наличие в разрезе мощных нефтегазоматеринских толщ девонского и додевонского осадочного комплекса, обеспечивающих высокий генерационный потенциал.

2. Пространственное совпадение выявленных зон нефтегазонакопления с очагами генерации углеводородов.

3. Развитие высокоамплитудных и крупных по площади тектоноседиментационных структур древнего заложения.

4. Продолжительное карбонатное накопление на различных этапах седиментации связано с блоковой структурой фундамента, залегающего на различных глубинах.

5. Результаты геохимических исследований показывают, что нефти в подсолевом комплексе сформировались за счет органического вещества «морского», «континентального» и «прибрежно-морского» типов.

6. Наличие мощного соленосного экрана кунгурского возраста, который является региональной покрышкой.

7. Накопление во внутренних бортовых зонах разновозрастных карбонатных отложений с широким развитием в них рифовых фаций.

8. Сохранение высокоемких карбонатных коллекторов в условиях больших глубин за счет развития рифогенных фаций девонского комплекса.

9. Наличие аномально-высоких пластовых давлений.

10. Неоднократные инверсионные движения на различных этапах формирования Прикаспийской впадины, которые способствовали интенсивному проявлению процесса выщелачивания.

11. Миграция жидких и газообразных УВ возможна из глубоких горизонтов осадочного комплекса Прикаспийской впадины.

Таким образом, в огромном количестве производственных и научных отчетов, публикациях, монографиях и справочниках рассмотрены вопросы нефтегазоносности и оценки перспектив как Прикаспийской впадины, так и всего Западного Казахстана.

Выводы. За последние 20 лет накоплены новые геолого-геофизические и геохимические материалы, уточняющие геологическое строение отдельных районов Прикаспийского бассейна и степень перспективности на нефть и газ. Используемые современные технологии методы И исследования нефтегазоносных территорий мыслимы без результатов не многолетнихгеологическихизысканий, обеспечивающие требуемую результативность, а в ряде случаев – и необходимую достоверность получаемых результатов. Несмотря на применение современных методов геофизических съемок привлечение мощных вычислительных И моделирующих комплексов, эффективность проводимых работ во многом определяется состоянием геологической изученности и, сформированной на основе, формирования осадочных бассейнов ee теории И газонефтегазообразования. Стала очевидной необходимость существенной корректировки имеющихся представлений о качественной и количественной оценках нефтегазоносного потенциала Казахстана с учетом новых геологогеофизических материалов, И геохимических на базе современных концепций формирования осадочных бассейнов геологических И ИХ нефтегазоносности.

## 2. ОБЗОР ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ГЛУБИННОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

История исследований по тектоническому строению Прикаспийской впадины начинается с начала XX века, в связи с изучением структур юговосточного обрамления Восточно-Европейской платформы (ВЕП). в 1923 г. А.Д. Архангельский выделил ряд крупных элементов ВЕП, в том числе Прикаспийскую Впадину, расположенная в междуречье Волги и Урала. Известные геологи: И.В. Мушкетов, А.П. Карпинский, А.П. Павлов, Н.Н. Андрусов, А.Д. Архангельский также выделен ряд крупных элементов ВЕП, в том числе Прикаспийскую впадину [37].

По данным А.Н. Розанова, П.Л. Безрукова, П.И. Климова, В.Е. Руженцева, А.А. Богданова, И.И. Кожевникова, С.П. Козленко, Н.А. Никоновой и др. северная граница ПВ определена по выходам мезозойских и верхнепермских красноцветных отложений, характеризующиеся флексурообразным погружением в сторону впадины. В южной части в качестве границ выступают региональные Жадовский уступ и Токаревский сброс с опущенным южным крылом и линейным расположением соляных куполов к югу от уступа.

В 50- х годах прошлого столетия Н.В. Неволиным, Н.А. Калининым, М.П. Казаковым, М.М. Чарыгиным изучалось тектонического строения Прикаспийской впадины, зафиксированы границы впадины И лана характеристика граничных структур (А.Л. Яншин, Р.Г. Гарецкий и др.), определены связи соляных куполов с дизъюнктивными нарушениями (В.С. Журавлев, Ю.Я. Кузьмин и др.). Впервые Прикаспийская впадина была представлена как глубокая и обширная депрессия русской платформы, ограниченная с запада зоной Доно-Медведицких и Саратовских дислокаций, с севера – поднятием Общего Сырта, с востока – складчатыми сооружениями Урала и Мугоджар, с юга и юго-востока –погребенными герцинидами. Для нее характерны пониженный рельеф и интенсивное развитие солянокупольной тектоники. Характерны сложные тектонические границы, примыкающие к Уралу и на западе впадины, где повсеместно фиксируются флексурообразные изгибы.

В статье Грачевский М.М. «О возможных рифах пермского возраста в прибортовой части Северного Прикаспия» (1961) представлены интересные данные, позволившие сделать вывод автору о наличии вдоль бортового уступа ПВ палеозойских рифовых построек, окружающих глубоководный бассейн. Академиком А.Л. Яншиным [38] на основании анализа соленосных толщ кунгура сделан вывод о формировании их в глубоководных условиях.

На основе анализа геолого-геофизических данных П.Я. Авров и др. [39] в 1965 г. показал, что горизонтально залегающие палеозойские комплексы в восточной и юго-восточной части впадины ограничиваются региональным погребенным разломом, а отложения кунгура срезают с запада на восток более древние подсолевые горизонты, вплоть до нижнего карбона. Эти данные подтверждаются в статье М.С. Арабаджи и др. [40]. На основе формационнофациального анализа разрезов они приходят к выводу о том, что Уральский передовой прогиб продолжается в пределы Прикаспийской впадины.

Одно из первых предсталений о глубинном строении земной коры региона отражено в работе: Неволин Н.В. «Общие черты глубинного геологического строения Западного Казахстана (1965г) [41]. Изучение глубоких горизонтов земной коры по сейсмическими наблюдениями КМПВ в пределах впадины позволило выделить четыре сейсмические поверхности, характеризующиеся резким изменением скорости распространения продольных упругих волн: первая, отвечает кровле фундамента, вторая и третья прослеживаются недостаточно отчетливо и по-видимому отвечают, внутренним глубинным границам земной коры, четвертая отвечает и подошве земной коры или поверхности Мохоровичича.

Граница земной коры и верхней мантии (поверхность Мохоровичичи) отчетливо фиксируется на сейсмических разрезах на глубинах 38-42 км. Максимальная глубина фундамента зарегистрирована на глубине 14 км, с постепенным ступенчатым воздыманием в северном и южном направлениях впадины. Сравнительный анализ результатов сейсмических данных с соседними структурами (Волго-Уральская и Воронежская) позволили предположить о наличии поверхности базальтового слоямощностью20-22 км. В северном обрамлении ПВ его мощность увеличивается до 30 км и на востоке уменьшается до 17 км. Мощность гранитного слоя в центральной части ПВ составляет всего 2,5-3,0 км, увеличиваясь в северном направлении. Средняя мощность земной коры в Прикаспийской впадине достигает 40-42 км. Осадочный чехол автором относится к платформенному типу, наиболее древний доэйфельский структурный ярус выявлен в зонах тектонических разломов кристаллического фундамента.

Блоковое строении фундамента восточной окраины ПВ подтверждается наличием хорошо выраженных кольцевых разломов с амплитудой до 1000-1500 м. По мнению П.Я. Аврова (1967 г.) фундамент погружается к центральным районам, при этом одновременно выделяются серия горстов (Кенкияк-Жанатанский блок) и грабенов. Блоковое строение оказывало большое влияние на распределение мощностей подсолевых палеозойских отложений [42].

По мнению Р.Б. Сейфуль-Мулюкову и А.Б. Чепелюгину [43] прогибание Прикаспийской впадины происходило по серии параллельных разломов фундамента субширотного и северо-восточного направления. Во внутренней части впадины предполагается развитие системы поднятий, приуроченных к ступеням фундамента.

В.П. Кан и Б.С. Тасыбаев [44] на востоке впадины выделяют зону поднятия фундамента (250х40-80 км) с двумя вершинами – Кенкиякской и Каратобинской. Здесь фундамент погружается в восточном направлении погружаясь до 8 км и ограничивается системой субмеридиональных разломов.

В работе В.С. Журавлева показано что Прикаспийская впадина, расположенная в пределах юго-восточного внешнего угла платформы, южная часть которой расположена в пределах северного окончания Каспийского моря, а граница мина севере является Жадовский глубинный разлом, на западе – Заволжский. На Юго-востоке по северо-западному тектоническому ограничения Южно-Эмбенского прогиба следует проходит юго-восточная граница Прикаспийской синеклизы [45].

Интересным его выводом можно считать, что региональные гравитационные максимумы, внутри впадины связаны с зонами выступов «базальтового» слоя, образовавшиеся в результате переработки глубинных комплексов «гранитного» слоя. Фундамент здесь погружен до 20-23 км, базальтовый слой характеризуется уменьшением мощности до 6-9 км, характерен подъем верхней мантии до 26-30 км и, проявляющийся в зонах Хобдинского и Аралсорского региональных гравитационных максимумов.

По результатам сейсмических исследований фундамент впадины рассекают глубинные разломы, проникающие в подсолевые отложения.

В подсолевых отложениях впадины выделяются структуры второго порядка. В южной части Прикаспийской впадины подсолевое ложе резко воздымается, образуя Астраханское, Северо-Каспийское и Южно-Эмбенское е краевые поднятия.

В платформенном чехле В.С. Журавлев выделил рифейский, нижнепалеозойский, эйфельско-триасовый и юрско-палеогеновый, верхнеплиоценово-четвертичный структурные этажи.

Новые геофизические данные позволили Фоменко К.Е. в работе «Строение кристаллического фундамента Прикаспийской впадины по геофизическим данным» (1972г.) позволили дать более детальную характеристику глубинным слоям земной коры Прикаспийской впадины. Так «гранитного» кристаллического поверхность районе основания В Астраханского и Кенкиякско-Жанажольского выступов находится на глубинах: от 5-7 км, а во внутренней прибортовой зоне достигает до 20 км. К центру впадины поверхности преломляющего слоя, отвечающая этой границе погружается до 22 км. Характерно значительное увеличение кажущихся и граничных скоростей сейсмических волн (от 6,5 до 7,2 км/с), что увязывается автором с замещением гранитов базальтами. «На глубинах около 20 км происходит "вытаивание" гранитного слоя». Анализ волнового поля подтвердил наличие многочисленных глубинных разломов, контролирующих гидрографическую сеть региона (реки Волга, Урал, Эмба, Темир, Утва, Кушум, Уил, Большая Хобда и др.).

Заслуживают большого внимания работы Ю.А. Воложа, Р.Б. Сапожников, В.А. Циммер и др. [46, 47, 48], представивших многочисленные работы по изучению глубинного строения и геодинамического развития Западного Казахстана. земной коры Прикаспийской впадины. Авторы считают, что Прикаспийский, Северо-Устюртский и Южно-Мангышлакский бассейны некомпенсированного прогибания, тяготеющие к Каспийскому
морю, относятся к единой, крупной и длительно живущей Каспийской зоне активного прогибания, в которой режим некомпенсированного прогибания закономерно смещается во времени от периферии к осевой части океана Тетис. В позднем рифее – раннем палеозое этот бассейн (Каспийский) формировался как краевое море на пассивной окраине континента; в девоне – ранней перми Прикаспийская оформилась впадина, которая структурно вследствие активных тектонических движений в районе Устюрта и Бузачи оказалась изолированной от бассейна Тетиса. К концу ранней перми она была полностью заполнена и условия некомпенсированного осадконакопления здесь более не возникали. Авторы считают, что для периферии Прикаспийской впадины характерна земная кора континентального типа, а центральной части – субокеаническая.

В пределах юго-восточного борта образовались мощные терригенные комплексы, выклинивающиеся как к центру впадины, так и к источнику сноса. При тектоническом покое здесь формируются карбонатные толщи, резко выклинивающиеся к центру впадины. В глубоководной части бассейна получили развитие массивы атоллового типа (Тенгиз, Каратон) и специфические фации лопастных и веерных дельт (проградационные клиноформы Тортайского типа), и крупные эрозионные врезы артинского возраста.

Ю.А. Волож, М.П. Антипов, И.А. Гарагаш, Л.И. Лобковский в работе «Эклогитовая модель геодинамического развития» (2003 г.) по поверхности Прикаспийской впадины выделяют четыре фундамента крупных тектонических элемента: Северо-Западная моноклиналь, Центрально-Прикаспийская депрессия, Астраханско-Актюбинская область поднятий и Юго-Восточная система прогибов. В предлагаемой модели представлены особенности коллизионных процессов в зоне столкновения дорифейских континентов Балтии и Восточной Гондваны. С этим процессом связаны протрузии крупных линз эклогитов в основании земной коры Центрально-Прикаспийской депрессии вдоль зоны глубинного разлома, ограничивающего депрессию с юго-востока. По нему Актюбинско-Астраханский рифейский блок надвинут на Центрально-Прикаспийский дорифейский блок с утоненной корой. На активной окраине Балтии в результате аккреции микроплит и островных дуг Палеопацифики формируется складчатый пояс Протоуралид, где нижняя часть литосферы состоит из пакетов пластин – обломков надвигающегося аккреционного клина. Верхняя часть каждой пластины сложена океаническими базальтами, а нижняя – породами литосферной мантии. В ходе континентальной коллизии базальты эклогитизируются, и те, которые находятся на гипсометрическом уровне реологически ослабленных слоев коры и литосферы висячего блока, могут в него протрудироваться на границах «кора-мантия» и «литосфера-астеносфера». Позже литосферный блок с протрузиями из-за своей изостатической неуравновешенности будет погружаться на продолжении длительного времени.

Ф.И. Хатьянов [49] на основе анализа закономерного формационного ряда, пространственно-временной смены формаций подсолевого комплекса – от карбонатной формации мелководного шельфа и барьерных рифов, свойственных Русской плите, к глубоководной депрессионной во впадинах и от нее к молассовой, флишевой и аспидной во внутренних бортах впадин Прикаспийская впадина вместе с Предуральским считает, что нижнепалеозойским внешним геосинклинальным и верхнепалеозойским краевым прогибами представляют «единый огромный асимметричный перикратонный прогиб, пограничный между Русской плитой и складчатыми системами Урала и кряжа Карпинского». Это также подтверждается кунгурской общностью соленосной И верхнепермско-нижнетриасовой молассовой формаций Прикаспийской континентальной впадины И Предуральского краевого прогиба.

Появление новой информации глубоким по многочисленным скважинам, пробуренным вдоль бортовых зон впадины, позволили Е.В. Мовшовичу [50] сделать вывод, что допермские отложения по формационным особенностям и мощности не отличаются от одновозрастных образований Русской платформы. Наличие значительного, разно амплитудного несогласия на границе карбона и перми, свидетельствует о том, что Северо-Каспийская плита испытала интенсивное воздымание, которое сменилось прогибанием, особенно крупным в кунгурском веке и продолжавшимся вплоть до четвертичного времени. Наличием галек со средне- и нижне-каменноугольной фауной, обнаруженных в отложениях перми, которые, по-видимому, сносились с юга, со стороны выделенного Северо-Прикаспийского поднятия позволили В.Е. Лацковой [51] подтвердить эту точку зрения.

По мнению Л.Г. Кирюхина, Р.Б. Сапожникова, А.Е. Шлезингера и А.Л. Яншина впадину по всему периметру ограничивают карбонатные бортовые уступы различного возраста, которые пространственно разобщены.

Н.Я. Кунина и др. в своих публикациях [52] также дают блокового строения фундамента Прикаспийской впадины. Енбекский, Темирский, Тамдыкольский, Жаркамысский, Утыбайский выступы представляют собой систему горстов, расположенных на близких гипсометрических уровнях в пределах, где кровля фундамент находится на отметках 7-8 км.

По новым сейсмическим данным А.Я. Бродский и др. [53] подробно описали зону сочленения Прикаспийской впадины и кряжа Карпинского, которая, по их мнению, проходит по Каракульскому разлому.

Важным для автора диссертации явилась информация И.Н. Капустин [54], который по результатам исследования о глубинном строении Нижнего Поволжья отметил различную глубину залегания фундамента в пределах ряда крупных, ограниченных разломами, структур: на юго-восточном склоне Воронежской антеклизы поверхность его погружается в сторону Прикаспийской впадины до глубин 7 км, на Карасальской моноклинали – от 8 до 12 км в восточном направлении, в осевой части Сарпинского прогиба – 17-20 км, на Астраханском своде – 10 км. Кряжу Карпинского по поверхности

консолидированной земной коры (около 25 км) отвечает обширный Элистинский прогиб. Автор также подтверждает, что граница впадины и кряжа Карпинского проходит по высоко амплитудному Каракульскому разлому. По мнению автора, образование коры субокеанического типа, развитого в пределах Карпинского прогиба и кряжа Карпинского, связано с раздвижением континентальной коры раннем-среднем рифее В И возникновением рифтовых зон, соединивших Пачелмский и Донецкий авлакогены. По обширной территории восточной части Прикаспийской впадины В.М. Пилифосов [55] на основе сейсмостратиграфического анализа отложений обосновал выделенного подсолевых привязку опорного сейсмического горизонта ПЗ к подошве осадочных образований. В Центрально-Прикаспийской депрессии этот горизонт является кровлей нижнепалеозойского сейсмогеологического этажа. Автором рассмотрена модель формирования крупных тектонических структур восточной части ПВ. По горизонту П<sub>3</sub> отмечается обширное (300-350х100 км) субмеридиональное Восточно-Прикаспийское сводовое поднятие с амплитудой более 1 000 м, с крутыми восточным и юго-восточным и относительно пологим западным крыльями. Глубина залегания кровли фундамента составляет 6-8 км. В этой части впадины фиксируются седиментационные уступы высотой до 1 200 м., вытянутых параллельно борту впадины. Уступы маркируют положение погребенных склонов аккумулятивных элементов рельефа дна глубоководных бассейнов или зон перехода от шельфа к глубоководной депрессии.

Анализ гкофизическихполей и изучениетипов и состава докунгурских формаций Н.В. Неволиным [56] показал, что Прикаспийская впадинаявляется неоднородным тектоническим элементом. В восточной и южной части, в пределах Актюбинско-Астраханской зоны поднятий, основание впадины представлено миогеосинклинальными образованиями палеозоя охватывающим внешнюю (приплатформенную) часть Мугоджар и северную часть Средиземноморского складчатого пояса. Северная и западная зоны впадины наложены на юго-восточную окраину Восточно- Европейской платформы и включают ряд прогибов и уступов, испытавшие погружение в кунгурское и мезозойское время, а в настоящее время представляющие собой Прикаспийскую зону опусканий.

По мнению Н.Н. Лисовского и др. [57] и В.П. Аврова и др. [58], на территории впадины возникло два басейна. Первый бассейн охватывал территорию Шунгайского, Аралсорского и Хобдинского максимумов силы тяжести. Он характеризуется большой мощностью осадков (6-15 км), развитием рифея и наличием уже в среднем палеозое глубоководных образований. Второй бассейн ограничен с севера и северо-запада погребенными палеозойскими сводами Астраханско-Актюбинской системы поднятий (Енбекским, Кзылджарским, Жаркамысским, Биикжальским, Северо-Каспийским, Астраханском) и соединён с сопредельной герцинской геосинклинальной системой – Южно-Эмбинской и Уральской. С позиции тектоники плит эти бассейны можно рассматривать как палеоструктуры, развившиеся на пассивной юго-восточной окраине Восточно-Европейского перед Палео-Уральским И Палео-Тетическим континента океанами. Формирование океанического коры в центре синеклизы авторы связывают с рифтогенеза, начавшемся процессом В позднем протерозое И продолжавшемся, вероятно, в палеозое. С закрытием этих океанов и с последующей орогенией связывается формирование на восточной, юговосточной и юго-западной периферии синеклизы автохтонных карбонатных комплексов.

Г.Ж. Жолтаев [59] в пределах Прикаспийской впадины выделяет несколько самостоятельных осадочных бассейнов, сформировавшиеся в докунгурское время существовало различавшихся по динамике погружения и интенсивности прогрева пород в позднем палеозое. На востоке в раннем палеозое существовал бассейн рифтового типа, отвечающий началу образования Уральского палеоокеана. В девоне-карбоне он сменился бассейном на континентальной пассивной окраине. Вр анней перми закрылся надвигания вследствие Урало-Тобольского Уральский палеоокеан микроконтинента на восточный край Русской платформы, возник узкий передовой прогиб, активизировались ступенчатые сбросы фундамента, частично трансформировавшиеся во взбросы и надвиги. На большей западной части синеклизы в девоне и карбоне существовал внутри континентальный платформенный осадочный бассейн, ограниченный Воронежской и Волго-Уральской антеклизами, Кенжалинским (на востоке) и Гурьевским (на юге) Урало-Тобольского От Кенжалинского поднятия до поднятиями. антиклинория протягивался осадочный бассейн, относящийся к пассивной континентальной окраине русской платформы, обращенной к Уральскому палеоокеану. На юге может быть выделен Южно-Эмбенский осадочный поперечному бассейн. приуроченный к континентальному Южно-Эмбенскому рифту девонского возраста. Разделяющие эти бассейны поднятия временами служили, вероятно, областями сноса. По мнению В.М. Алешина [60] на ранней стадии доплитного периода существовал единый «Сарматский» щит, на поверхности которого имелся гранитный слой. В результате пликативных движений образовались Воронежский выступ и Прикаспийская впадина с разницей высот докембрийского основания около 10 км. Позднее в пределах бассейна формируется сводовое поднятие, разбитое на блоки. Автором предполагается, что происходило разрушение земной коры за счет мощных струй воды с газом, которые вместе счастицами вещества стекали в форме плоскостного смыва и по ущельям в геосинклинальную область, расположенную южнее. В итоге гранитный слой был уничтожен полностью, базальтовый частично, и сформировался обращенный рельеф. С появлением водной среды (засчет дегазации мантии) в начале фанерозойского времени началось заполнение глубокой топографической впадины водой и осадками, достигнув максимума в живете. После девона наступило время великих регрессий. К концу карбонаосадочная толща достигла мощности

около 500 м на западе и 3500 м на востоке Волгоградской области. Определился региональный наклон с запада на восток.

инверсионной Анализ И депрессионной моделей развития Прикаспийскойвпадиныпровели Ю.А. Писаренко и В.Н. Кривонос [61], которые предположили, что наличие глубоководных отложений (признаки депрессионности) и образование несогласия и переотложения (признаки инверсионности) в условиях глубоководного бассейна обусловлено действием гравитационных потоков. По мнению Л.Ф. Волчегурского и др. [62], на основании вновь полученных материалов бурения и современных методов сейсморазведки обработки И интерпретации (в первую очередь сейсмостратиграфические методы), Прикаспийская впадина в палеозое развивалась по типу узкого океанического бассейна рифтовой природы, расположенного на пассивной окраине Восточно-Европейской плиты. Формирование бассейна связано с процессами континентального рифтогенеза, приведшего к частичному раскрытию континентальной коры.

Геодинамическая модель Прикаспийской впадины по Я.А. Рихтеру [63, 64, 65, 66], включает в себя последовательные стадии континентального рифтогенеза и спрединга окраинно-морского бассейна. Западный и северный борт впадины образовались в процессе рифтогенеза (перешедшие затем на режим пассивной континентальной окраины), восточная окраина -в ходе коллизии с герцинидами Уральского складчатого пояса и южная- в ходе коллизии со структурами прошедшего инверсию Днепровско-Донецкого авлакогена и его восточного продолжения. Прикаспийская впадина развивалась от начальной (рифтовой) и ранней (океанической) до конечной (платформенной, континентальной) стадии. Фундамент ее, не подвергшийся переработке интенсивной И перестройке, представляет реликт раннепалеозойской океанической коры и в этом отношении уникален.

Мурзагалиева Д.М. [67] рассматриваются B статье типы континентального рифтогенеза – Аралсорский, Хобдинский и Южнопалеорифты на юге Восточно-Европейской Эмбинский дорифейской платформы, Центрально-Мангышлакский и Центрально-Устюртский – на Континентальный Южно-Туранской эпипалеозойской западе плиты. асинхронно, рифтогенез происходил времени. мигрируя BO Рифты характеризуются полной эволюцией и как единицы геологической структуры континента отличаются сокращением толщины континентальной коры до 10-15 км, тип коры внутри рифтов субокеанический или субконтинентальный, рифтам свойственен повышенный тепловой поток, высокая скорость осадконакопления, линейные гравимагнитные максимумы и минимумы, обусловленные, вероятно, утонением или даже полным отсутствием гранитнометаморфического слоя. В современной структуре им соответствуют широкие прогибы. Неполный эволюционный тип отличается более глубоким залеганием подошвы консолидированной коры (40-44 км), большей толщиной коры (34-36 км), низкой плотностью теплового потока.

B.C. Шеина [68], По представлениям И дp. формирование Прикаспийской сменой впадины связано co ряда геодинамических обстановок: внутри- и окраинно-континентальных рифтов в рифейскораннепалеозойское время; надрифтовых депрессий и пассивных окраин в разных районах юго-востока Русской плиты преимущественно в ранне- и начале позднепалеозойского времени; активизация Центрально-Прикаспийского рифта и его продолжений (Алексеевского, Сарпинского) в среднедевонско-ранневизейское время; отхода Гурьевского микроконтинента от Восточно-Европейского палеоконтинента и образование пассивных окраин (Биикжальском) южном на его северном И (Астраханском)краях, Карачаганакской на южном продолжении Бузулукской впадины, а также трансформных (Аралсорской) окраин на западе И востоке (Кзылджарской); трансформация южных и восточных континентальных окраин в поздневизейско-артинское время за счет их столкновения с микроконтинентами и островными дугами на востоке, что привело к отгораживанию Прикаспийского бассейна седиментации от океана: последующему соленакоплению, компенсации преимущественно терригенными осадками, галогинезу и изостазии.

По мнению В.П. Гаврилова [69] Прикаспийская впадина – это окраинное море позднее палеозойского возраста на границе между Восточно-Европейским континентом и океанами Уральским и Тетис, от которых оно отделилось системами вулканических дуг. В работе Н.А. Бондаренко [70] регион относится к типу структур, располагающаяся на границе двух плит – Русской плиты древней платформы и Скифской плиты молодой платформы. По своему виду это краевая синеклиза, имеющая авлакогенную природу.

Обобщение и анализ исследований геологической истории Прикаспийской впадины проведены группой специалистов: М.П. Антиповым, В.А. Быкадоровым, Ю.А. Волож, Ю.Г. Леоновым в 2009 году [71], которые представили обзор основных представлений на историю развития региона. Авторами представлены основные гипотезы природы Прикаспийской впадины:

1) это внутриконтинентальная впадина, возникшая в процессе «эклогитизации» земной коры;

2) это пострифтовая впадина (синеклиза), возникшая на месте позднедевонского (Кузнецов Р.А.) или рифейского внутриконтинентального рифта (Масляев Г.А., Неволин Н.В., Федоров Д.Л., Буш В.А., Казьмин В.Г.);

3) впадина развивалась на месте континентального рифта рифейнижнепалеозойского заложения (Сапожников Р.Б.) или позднедевонского возраста (Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М., Клещев К.А., Шеин В.С., Чернецкая Н.Г.);

4) это реликтовый окраинно-океанический бассейн рифейского или рифей – раннепалеозойского возраста (Бражников О.Г., Рихтер Я.А.);

5) это задуговой бассейн раннепалеозойского заложения (Никишин А.М.);

6) это окраинное море позднепалеозойского возраста, отделенное от океана Тетис системой островных дуг (Гаврилов В.П. и др.).

В одном из последних обобщений в работе Ю.Г. Леонова, Ю.А. Воложа и др. в 2010 году на основе вновь полученных данных изложены новые представления о строении консолидированной коры или кристаллического Каспийского региона. [72]. Авторы фундамента считают, что консолидированная кора Каспийского региона состоит из разновозрастных сегментов и блоков. Сегменты Восточно-Европейской древней платформы (континент Балтия) архейско-протерозойского возраста возникли около 1800 млн. лет назад (Сарматский, Волго-Уральскийи Центрально-Прикаспийский). Для Центрально-Прикаспийского региона характерно то, что древняя кора подверглась здесь переработке в позднем рифее в кадомскую(байкальскую) эпоху. Аналогичный состав коры имеет Скифско-Туранская плита и юговосточная часть Прикаспийской впадины (Восточно-Прикаспийский сегмент).

Начиная с рифея Прикаспийская депрессия представляла собой погруженные части бассейна седиментации, наиболее гле были сосредоточены глубоководные и наиболее удаленные от источников сноса фации осадков. Разрез осадочного комплекса состоит из терригеннокарбонатные толщи рифея мощностью около 4 км, терригенных образований венда – среднего ордовика (2 км), карбонатной толщи верхнего ордовика – силура (2 км), терригенных породы девона – нижней перми (4 км), галогенной толщи кунгурско – казанского возраста(4 км), красноцветных терригенных отложения верхней перми и триаса (2 км), карбонатно-терригенных отложений юры, мела и кайнозоя (2,5 км).

Сейсмостратиграфический анализ слагающих впадину толщ, по мнению авторов, подтверждают, что земная кора Центрально-Прикаспийского сегмента состоит из а) консолидированной коры протерозойского возраста, переработанной в рифее и венде, б) слабодеформированного до плитного комплекса (рифей-венд), в) осадочного платформенного чехла большой мощности, включающего отложения от палеозоя до кайнозоя.

В 2009-2012 годах по заказу АО НК «КазМунайГаз» генеральным подрядчиком в лице АО «Казахский институт нефти и газа» проведены тематические исследования по изучению геологического строения, тектоники и нефтегазоносности Прикаспийского бассейна и подготовки обоснования направлений дальнейших геологоразведочных работ на нефть и газ. Огромный геолого-геофизических объем данных был обобшен. последних проанализирован и приведен в системный вид. Выполнены региональные построения по гравиметрическим и магнитометрическим данным, а также по данным тепловой съемки. Полученные новые данные, послужили основой для проведения комплексных исследований с целью геотектонического и нефтегазогеологического районирования района.

Авторами этих исследований за основу геотектонического районирования подсолевого разреза Прикаспийского бассейна взята существующая структурная карта по поверхности фундамента (1998 г.) в

масштабе 1:1 000 000. В подсолевой части разреза по результатам исследований обоснованы две толщи додевонская \_ И девонсконижнепермская, поверхности которых определяют сейсмические горизонты  $\Pi_3$  и  $\Pi_2$ д, соответственно. По «промежуточному» сейсмическому горизонту П<sub>2</sub>, характеризующего каменноугольную секцию подсолевого разреза структурные карты выполнены по крупным блокам северной, восточной и югюго-восточной части бассейна. Поскольку, сложная сейсмофациальная обстановка осадконакопления между бортовыми зонами, выражающаяся в приуроченности сейсмических горизонтов ( $\Pi_2^1$ ,  $\Pi_2 \pi$  и др.) к различным возрастным уровням на севере, востоке и юге бассейна не позволила в полной мере корректно «увязать» основной среднекаменноугольный сейсмический репер П<sub>2</sub> между зонами и составить, таким образом, единую для всего бассейна структурную основу [36].

Таким образом, обзор состояния вопроса о глубинном тектоническом строении и геодинамическом развитие района Прикаспийской впадины позволяют получить представление об истории развития региона в целом и ее отдельных элементов, а также зон сочленения со смежными геологическими структурами. Эти исследования опираются на положения теории мобилизма, геодинамики и других новейших научных представлений. Как было показано в огромном количестве публикаций известных геологов существуют несколько моделей тектонического развития. Общим для всех является то, что заложение этой уникальной структуры произошло в позднем протерозое – раннем палеозое, что подтверждается новыми результатами геофизических исследований. По мнению Б.М. Куандыкова и др. [73], развитие Прикаспийского палеобассейна шло от преимущественно терригенной седиментации рифтового и надрифтового типов через карбонатную седиментацию в обстановке открытого морского бассейна к накоплению эвапоритов в условиях изолированного бассейна и затем терригенной красноцветной молассоидной континентальной седиментации. В этой последовательности усматривается определенный формационный ряд, характерный, вероятно, для подобных перикратонных бассейнов с полным В мезо-кайнозое формирование осадочного циклом развития. чехла происходило в условиях эпиконтинентальных бассейнов.

# 3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1 Основные методические принципы исследований

Цель настоящей работы: разработка геофизической основы для геодинамического районирования южной части Прикаспийской впадины, необходимое для выделении и прогноза новых нефтегазоносных районов.

Изучения геодинамических процессов в земной коре основывается на составлении разрезов земной коры с выделением и прослеживанием структурно-формационных зон, изучением вещественного состава геологических комплексов и тектонического районирования с учетом глубинных неоднородностей земной коры [46, 74, 75].

Важной составляющей этого процесса является изучение состава и строения слоев земной коры и верхней мантии в различных тектонических областях: древних и молодых платформах, разновозрастных складчатых сооружениях, зонах перехода от континентов к океанам [76]. Многочисленные исследования последних лет в этой области показали, что изучение глубинного строения земной коры и ее соотношение с верхней мантией являются важным фактором, как при создании общей теории образования и развития литосферы и ее структурных элементов, так и для выявления закономерностей размещения полезных ископаемых в структуре земной коры и разработке, на этой основе, конкретных рекомендаций поисков скрытых и глубокозалегающих месторождений [21,52, 77-81].

Основными методами для получения наиболее объективных сведений о строении глубоких горизонтов земной коры и верхней мантии, являются геофизические методы: сейсмометрия, гравиметрия, электрометрия И геотермия. Из них метод глубинного сейсмического зондирования является опорным и наиболее эффективным. Все большее значение при изучении строения земной коры приобретают, и методы потенциальных полей. Так применение гравиметрии обусловлено установленной зависимостью толщины земной коры региональными аномалиями гравитационного С поля. Дифференциация плотности вещества земной коры и подкорового субстрата достигает высоких значений (0,4 г/см<sup>3</sup>), что при наличии опорного глубинного сейсмического разреза, полученного по данным ГСЗ и применения современных инструментов разделения и, выделения составляющих гравитационного поля, позволяют выявить геологические неоднородности на уровне глубоких горизонтов земной коры по вертикали и латерали [82]. Магнитное поле является высокоинформативным источником сведений о глубинном строении и вещественном составе осадочного чехла, а на уровни глубоких горизонтов, фундамента [83]. неоднородности кристаллического Комплексные геофизических исследований лежат В основе выявления основных закономерностей тектонического строения земной коры, а широкое применение современных цифровых регистрирующих, обрабатывающих и интерпретационных систем позволяют оценить их количественно [6, 84-90].

В Казахстане, разработка моделей поэтапного геодинамического развития глубинных структур развивается с 80-х годов прошлого столетия и опирается на лучшие общемировые теоретические достижения в глобальной геодинамике Земли, а также всей накопленной к этому времени геологической и геофизической информацией.

Геологический анализ геофизических материалов вобрал в себя лучшие достижения Казахстанских геологов. Вопросами интерпретации геофизических полей с позиции изучения глубоких горизонтов земной коры и верхней мантии и построения геодинамических моделей занимались многие крупные исследователи: А.А. Абдулин, М.А.Абдулкабирова, А.В.Авдеев, Г.Н. Паталаха, В.Н. Щерба, Г.Р. Бекжанов, Г.Ж. Жолтаев, Е.И. Волож, С.Ж. Даукеев, А.Н. Антоненко, А.А.Попов, А.К. Курскеев, В.Н. Любецкий и др., Современные геодинамические процессы в Казахстане много лет широко изучаются Институтом сейсмологии РК в связи с сейсмичностью отдельных регионов (Д.С.Ержанов, А.К. Курскеев, А.Б. Оспанов, А.В. Тимуш, В.И. Шацилов, П.Н. Горбунов, Н.П. Степаненко, Е.Н. Нусипов, Н.Б. Узбеков и др.).

В первую очередь перед автором стояла задача создания геофизической основы для изучения глубинного строения, определяющие специфику геодинамического развития конкретных структур, необходимых для выделения и прогноза новых нефтегазоносных районов южной части Прикаспийской впадины.

Каспийский регион, характеризуется высокой плотностью региональных и детальных геофизических наблюдений, но все еще остается не охваченным региональным обобщением на единой методической основе, способствующие решению широкого комплекса задач по оценке нефтегазоносности и сейсмичности региона. Инструментальные глубинные исследования академическими и производственными организациями достигли максимального развития в конце 90-х годов прошлого века.

Большой объем, накопившийся сегодня, глубинных геофизических исследований дают возможность по-новому отнестись к методике структурнотектонического анализа региона и установления в региональном плане условий формирования залежей углеводородов.

Район исследований обеспечен материалами гравиметрической и аэромагнитной съемок, большим количеством профилей ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ, данными активно развивающейся сейсмотомографии, освещающей строение мантии до глубины 500 км, магнитотеллурического зондирования, теплометрией. Поэтому глубинные построения на уровне нижних горизонтов земной коры и верхней мантии в достаточной мере обеспечены геофизическими материалами [9-11].

Для решения поставленных задач в диссертации использованы основные методические приемы комплексной интерпретации геофизических данных, разработанные в институте Сейсмологии МЧС РК при исследованиях, направленные на решение сейсмологических задач Казахстана. В течение последних 30 лет учеными института проведены сбор первичных фондовых и

опубликованных материалов региональных сейсмических наблюдений, их переобработка и обобщение по сейсмоактивным регионам Казахстана. Технология успешно опробована на территории, включающую в себя как платформенные, так и орогенные области (Тянь-Шань, Джунгария, Памир, Таримская плита), в пределах которой развита плотная сеть глубинных сейсмических профилей.

Обработка и анализ имеющихся комплексных геофизических данных, проведенная по сейсмоактивным районам Южного Казахстана, показали, что региональные профили дают наиболее полную и представительную характеристику главнейших структур Казахстана до глубины 100-200 км [91]. На разрезах четко фиксируются структуры, сформировавшиеся в различной геодинамической обстановке: палеозоны субдукции, реликты микроконтинентов с сиалической корой, палеоостроводужные системы и др. На глубинных разрезах также хорошо зафиксированы "выступы" мантии верхушки мантийных астенолитов и области базификации земной коры [92,93] (рисунок 3.1).



1-земная кора и ее подошва (М), 2,3- зоны с отклонениями значений скорости V относительно нормальной мантии: 2-аномально (густая штриховка) и умеренно (редкая штриховка) повышенных, 3-тоже, пониженных.

Рисунок 3.1– Скоростная модель глубинных структур и верхней мантии по субмередиональному разрезу через Северный Тянь-Шань [93]

По Прикаспийскому региону также разработаны 3D модели земной коры и верхней мантии до глубины 70 км по скоростному (V<sub>p</sub>) и плотностному параметрам (ρ) в свете проявления новейших и современных тектонических движений, для оценки сейсмичности и прогноза землетрясений [94]. Однако использование этих данных для целей практической геологии и оценки нефтегазоносности до последнего времени было недостаточным, что не могло не сказаться на формировании негативного отношения к глубинным

исследованиям среди геологической общественности.

Основные причины этого заключаются в следующем:

- отсутствие в Казахстане головной организации по изучению глубинного строения земной коры и верхней мантии, в результате чего эти работы развивались бы нецеленаправленно;

- региональные сейсмические исследования проводились до конца 90-х годов прошлого столетия различными организациями (ИФЗ АН СССР, Казгеофизтрест, ИГН АН КазССР, ВНИИгеофизика, Спецгеофизика, Союзгеофизика, Казгеофизика и другие), каждая из которых использовала свое технико-методическое и интерпретационное обеспечения на период исследования;

- отработанные сейсмические профили не образуют взаимоувязанной сети;

- специализированные сейсмические организации в процессе интерпретации материалов ограничивались в большинстве случаев составлением скоростных моделей для отдельных профилей;

- получаемая в процессе полевых работ сейсмометрическая информация с больших глубин (из верхней мантии), как правило, не обрабатывалась, не интерпретировалась и практически по большинству профилей утрачена;

- мало использовались геотермические и магнитотеллурические методы исследований [95].

образом, дальнейшего Таким В целях изучения глубинных неоднородностей литосферы и верхней мантии Прикаспийского региона с позиции палеогеодинамического развития автором продолжено изучение геотраверсов геофизических полей по сети региональных Южной казахстанской части Прикаспийского региона.

Главный методический принцип исследований, проводимых В диссертации, сводился к сопоставлению геологических и геофизических данных, анализу и выделению тех аномалий и структур, которые обусловлены глубинными процессами, соответствующие определенной гипотезе геодинамического развития, по отношению к которым нефтегазоносность располагается закономерно ними генетически И связана с или парагенетически.

При изучении глубинного строения исходными материалами послужили:

- изданные геологические и тектонические карты, прогнозные и другие специализированные карты, отображающие различные тектонотипы структур и позволяющие оценить региональные закономерности размещения полезных ископаемых по отношению к глубинным структурам;

- данные о физических свойствах пород, полученные в процессе обобщения и анализа фондовых и литературных данных;

- материалы геологического картирования и бурения, согласованные с данными структурной геофизики для верхней части земной коры, которая представлена осадочным чехлом и поверхностью ее консолидированной

части;

- материалы региональной сейсморазведки (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, профильная томография), гравиразведки и магниторазведки, подвергнутые геолого-тектонической и геодинамической интерпретации.

При проведении комплексной интерпретации геофизических данных использованы методические приемы, условно разделяющиеся на три группы:

- первой группе принадлежат широко применяемые методы: изучение физических свойств горных пород, обсчет моделей глубинного строения по разрезам с использованием компьютерных технологий и т.п.;

- второй – комплексный анализ геолого-геофизических данных верхних горизонтов литосферы, изучение флюидного режима, вещественного состава земной коры и верхней мантии;

- третью группу составляют методы, разработанные с участием автора:

• анализ скорости распространения продольных волн по региональным сейсмическим профилям, создание объемной скоростной модели литосферы южной части Прикаспийской впадины и построение на этой основе, поглубинных скоростных схем, разделяющие петрофизические слои земной коры;

• анализ гравитационного поля, увязка производных поля силы тяжести с сейсмическими данными и построение петроплотностных моделей отдельных горизонтов земной коры;

При реконструкции глубинных структур, отображенных на геологогеофизических разрезах, в пределах земной коры за основу приняты данные MOB3-ГСЗ, увязанные с основными параметрами гравитационного, поля в плоскости разреза.

Для повышения эффективности комплексирования геофизических методов при построении объемных геолого-геофизических моделей литосферы, являющиеся основой схемы глубинного строения, автор руководствовался следующими общими принципами:

Сейсмический разрез принимается 1. В качестве главного информационного источника о глубинном строении района. Для скоростной характеристики земной коры и верхней мантии применялись результаты профильной сейсмической томографии. Структурно-скоростные модели, отстроенные по сейсмического зондирования, отражают данным неоднородности строения слоев земной коры, фиксируют границу Мохоровичича положение (M). возможность корректировать дают гравитирующих объектов в глубинном разрезе, a в комплексе с сейсмотомографией – выявлять неоднородности строения верхней мантии [95]

2. Гравитационное поле использовано как главное связующее звено при интерпретации материалов других геофизических методов: и в первую очередь сейсмического. Комплексный анализ материалов гравиметрических, сейсмотомографических и сесмологических исследований позволил выявить плотностную расслоенность земной коры и верхней мантии и тем самым

развить полученные ранее сейсмологическими методами данные для изучения глубинного строении региона [95].

3. Интерпретация геофизических полей ориентируется на площадной вариант для обеспечения возможности построения объемной модели глубинного строения.

4. Геолого-геофизическое моделирование базируется на выделении и описании в формальном виде физических моделей, отвечающих общим теоретическим законам, основанные на принципах мобилизма и содержащих элементы геодинамики межплитной тектонике с превалирующими горизонтальными движениями.

5. В процессе интерпретации широко использованы компьютерные технологии, сопровождающиеся созданием единой информационной базой исходных данных.

6. Методика разработки дополнительных глубинных факторов локализации нефтегазоносных площадей по геофизическим данным заключалось в выявлении их с позиций особенностей глубинного строения и геодинамического развития исследуемого района.

### Основные этапы исследований

І-й этап: Сбор, анализ и обобщение геофизических, геологических и данных, информации об особенностях нефтегазоносности региона.

Проведен сбор и обобщение и анализ фондовых и архивных геологических разрезов, палеогеографических карт, схем, карт нефтегазоносности и прогнозных карт; карт гравитационного, магнитного полей, профилей ГСЗ. Составлен обзор состояния представлений о глубинном строении региона и роли геофизических исследований при изучении глубоких горизонтов земной коры с привлечением, в первую очередь опубликованной научной казахстанской и зарубежной информации, и производственных материалов последних лет. Подготовлены сводные гравиметрические и магниторазведочные карты в масштабе 1:1 500 000, проведен анализ результатов ГСЗ и профильной сейсмической томографии.

ІІ-й этап: На этом этапе на основе комплексного анализа геофизических данных проведено районирование геофизических полей и установлены корреляционные связи аномальных зон с неоднородностями глубинного строения на уровне глубоких горизонтов земной коры и верхней мантии. Построены карты изолиний Р-скоростей на различные скоростные уровни от 8,0 до 5,6 км /с. Составлены карты: кровли, подошвы земной коры, внутрикоровых границ и их мощности.

Ш-й этап: Выявление особенностей глубинного строения, на основе анализа геофизических данных, определяющие специфику геодинамического развития конкретных структур, необходимых для выделения и прогноза новых нефтегазоносных районов южной части Прикаспийской впадины.

## 3.2 Петрофизические исследования

Эффективность применения геофизических методов для решения геологических задач зависит от физических свойств и соотношений объемов горных пород, слагающих разные геологические формации. Надежность и точность количественной интерпретации геофизических аномалий во многом определяются знанием физических свойств пород.

Необходимый перечень исходных геофизических данных для изучения геологического строения глубоких горизонтов земной коры, с целью геологогеофизического моделирования в свете геодинамического развития литосферы, включает следующие геофизические параметры, слагающие геологические комплексы, исследуемых горизонтов: скорости продольных (Vp) и поперечных (Vs) волн, плотность (σ), удельное электрическое сопротивление (ρ) и тепловые характеристики горных пород.

При изучении глубинного тектонического строения юга Прикаспийской впадины большое внимание уделялось, пространственному анализу плотностных, и упругих свойств пород, их систематизации на уровне глубинных комплексов и формаций. Интерпретация данных сейсмо- и гравиразведки выполнялась на базе объемной скоростной модели осадочных образований и обобщенной плотностной модели всей коры в целом.

Физические свойства горных пород района получены в результате изучения скважинных данных (керн, ГИС), анализа и интерпретации гравитационного поля, построения скоростных моделей по результатам ГСЗ. При этом широко использовались фондовые и литературных данные о всех физических свойствах пород геологических формаций участвующих в строении всего Прикаспийского региона [96-99].

На первом этапе при разработке единой плотностной модели региона были использованы обобщения результатов изучения физических свойств керна глубоких скважин по Прикаспийской впадине, Северному Устюрту и Южному Мангышлаку. На этом этапе вычисление параметров  $V_p, V_s$  и  $\rho$ , проводилось по данным натурных экспериментальных наблюдений, соответствующие реальным термобарическим условиям в недрах Земли. В основу положены фондовые материалы и литературные источники (Борисов А.А., 1967; Злавдинов Л.З. 1974; Пилифосов В.М., 1986; Матусевич В.В., 1988; Мирчинк М.Ф. и др. 1975; Данилин А.Н. 1973).

Анализ этих материалов позволил выделить восемь геологоплотностных комплексов:

- 1 палеоген-неогеновый;
- 2-юрско-меловой;
- 3 пермотриасовый;
- 4 пермский соленосный;
- 5 палеозойский;
- 6 фундамент;

7 – базальтовый слой;

8 – мантия.

Такая модель описывается семью плотностными границами. Кроме того, чтобы учесть неоднородность фундамента в модель включены плотностные характеристики магматических комплексов (интрузии кислого и основного состава).

Палеоген-неогеновый комплекс в Прикаспийском регионе имеет незначительное развитие и его гравитационное влияние, особенно при региональном моделировании, несущественно. Исключение составляет югозападная угловая часть площади, где мощность палеогена и неогена измеряется километрами. Плотность этих отложений у поверхности по данным гравиметрических наблюдений, выполненных на пересеченном рельефе, составляет 2.0 г/см3, а на глубине 2.0 км эти отложения уплотняются до 2.25 г/ см3.

Юрско-меловой комплекс имеет повсеместное развитие и непрерывно прослеживается от Туранской плиты в Прикаспийскую впадину. К его подошве приурочен V-ый опорный отражающий горизонт. Плотность этих отложений увеличивается от 2.2 г/см<sup>3</sup> у дневной поверхности до 2.40 -2.55 г/см<sup>3</sup> на глубинах более 2-х км.

Подошвой пермотриасового комплекса в Прикаспийской впадине является кровля кунгурской соли (отражающий горизонт VI), а на территории Скифско-Туранской плиты эта граница совпадает с размытой поверхностью палеозоя (опорный отражающий горизонт "б"). Породы этого комплекса уплотняются от 2.35 г/см3 у поверхности до 2.6 г/см3 вблизи подошвы глубоких мульд в Прикаспийской впадине.

К подошве соленосных отложений приурочен отражающий горизонт П1 практически непрерывно прослеживаемый на всей площади Прикаспийской впадины. Его стратификация и уровень в зоне сочленения с Туранской плитой практически совпадает с горизонтом "б". Таким образом, кровля и подошва соли выклиниваются у южной границы Прикаспийской впадины и переходит в единый горизонт "б". Соленосная толща Прикаспийской впадины не испытывает уплотнения с глубиной. Плотность соли колеблется в пределах 2.08-2.15 г/см3. С учетом небольших пропластков сульфатно-терригенного состава плотность соленосной толщи принята равной 2.15 г/см<sup>3</sup>.

Повышение плотности палеозойских отложений с глубиной и глубокое залегание этого комплекса в Прикаспийской впадине дает основание считать, что плотность нижнепалеозойских отложений (отражающий горизонт П<sub>3</sub>) близка к 2.7 г/см<sup>3</sup>, т.е. практически совпадает с плотностью фундамента. Поэтому поверхность фундамента Прикаспийской впадины, по-видимому, не является гравиактивной границей и в плотностном разрезе фундамент Туранской плиты сливается с горизонтом П<sub>3</sub> Прикаспийской впадины. Плотность вышележащих палеозойских отложений меняется в пределах 2.50-2.60 г/см<sup>3</sup>.

Фундамент в плотностном отношении нельзя считать однородным, что в первую очередь связано с интрузиями кислого и основного состава. Это необходимо учитывать при моделировании горизонтов на уровне фундамета. Сведений о плотности интрузивных пород изучаемого района нет, поэтому были использованы результаты обобщений плотностей пород по Центральному Казахстану. Плотность гранитоидов принята равной 2.58 г/см<sup>3</sup>, а основных интрузий – 2.85 г/см<sup>3</sup>.

Плотность базальтового слоя (2.85 г/см<sup>3</sup>) и плотность мантийного вещества (3.25 г/см<sup>3</sup>) на первом этапе интерпретации взяты из литературных источников [95-98].

Схематический плотностной разрез Северо-Каспийского региона, включающий юг Прикасапийской впадины, приведен на рисунке 3.2.Для него приняты кусочно-линейные законы изменения плотности с глубиной для выделенных геолого-плотностных комплексов, приведены для каждой границы избыточные плотности, которые использовались для решения прямой задачи гравиразведки.





Геолого-плотностные комплексы: 1 – палеоген-неогеновый; 2 – юрско-меловой; 3 – пермотриасовый; верхнепермско-соленосный; 5 – верхнепалеозойский; 6, 7 – фундамент – нижнепалеозойский; 8 – базальтовый слой; 9 – мантийный слой.

Плотностные границы: 1-2 – подошва палеогена; 2-3 – подошва мела: отражающий горизонт V; 3-4 – подошва пермотриаса: в Прикаспийской впадине – кровля соли (горизонт VI) или подсолевой горизонт П<sub>1</sub> на участках отсутствия соли, на Скифско- Туранской плите – отражающий горизонт "б"; 4-5 в Прикаспийской впадине – подсолевой горизонт П<sub>1</sub>, на Скифско-Туранской плите – отражающий горизонт "б"; 5-6,7 в Прикаспийской впадине – подеолевой горизонт П<sub>3</sub>, на Скифско-Туранской плите – поверхность фундамента (гранитного слоя); 6-8 – поверхность Конрада, 8-9 – поверхность Мохоровичича

Рисунок 3.2 – Схематический геолого-плотностной разрез Северо-Каспийского региона (Волож и др. 1997)

Второй этап изучения плотностных свойств геологических комплексов на больших глубинах заключался в составлении двумерных плотностных моделей по геотраверсам. В отличие от распространенного пути вычисления плотности по эмпирическим зависимостям от  $V_p$  и  $V_s$ , при сейсмогравитационном моделировании скорости использованы лишь как первое приближение для итеративного плотностного моделирования.

Нулевое приближение модели коры строится на основе скоростной модели, плотностные характеристики слоев рассчитываются с помощью линейной формулы

#### $\sigma = 2.70 + 0.25(V_p - 6),$

где  $\sigma$  – плотность, г/см<sup>3</sup>, V<sub>p</sub> – скорость продольных волн в км/с.

Плотность ( $\sigma$ ) по площади отдельных глубинных горизонтов была ортогональных анализа составляющих вычислена результатам по наблюденного поля силы тяжести и пересчета наблюденного поля силы тяжести на различные гипсометрические уровни при решении прямых и обратных задач гравиметрии. Использование этих расчетов позволил определить следующие плотности слоев: надсолевой слой – 2.4 г/см<sup>3</sup>, солевой слой – 2.2 г/см<sup>3</sup>, осадочный слой – 2.65 г/см<sup>3</sup> (разделение осадочного слоя возможно на два подслоя со значениями плотности 2.55 г/см<sup>3</sup> и 2.65 г/см<sup>3</sup>), гранито-гнейсовый слой – 2.75 г/см<sup>3</sup>, гранулито-гнейсовый слой – 2.85 г/см<sup>3</sup>, гранулит-базитовый слой – 2.95 г/см<sup>3</sup>, включения в кору активной мантии (коромантийная смесь) – 3.05 г/см<sup>3</sup>. Плотность активной мантии ниже поверхности Мохо – 3.25 г/см<sup>3</sup>. Поскольку мантия Прикаспия характеризуется пониженной плотностью, вмещающей средой для коровых объектов приняты породы нормальной мантии с плотностью 3.29 г/см<sup>3</sup>. Кроме того, в мантии фрагментарно выделены включения с повышенной плотностью 3.31г/см<sup>3</sup>.

При построении плотностной модели внутрикоровых объектов выделялись аномалиеобразующие тела, осложняющие строение основных слоев коры. Нулевым уровнем для внутрикоровых объектов принимался коровый эффект. Соответственно, нулевым уровнем для локальных аномалий является поле от внутрикоровых объектов.

Пример результата плотностного моделирования иллюстрируются двумерными плотностными моделями по широтному профилю ГСЗ Челкар-Волгоград (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Плотностная модель земной коры и верхней мантии по профилю Челкар-Волгоград (фрагмент)

Методика изучения упруго-прочностных свойств земной коры юга Прикаспийской впадины и прилегающих территорий разработано группой

сотрудников Института сейсмологии под руководством В. И. Шацилова [98, 100]. Авторы, на основе известных эмпирических зависимостей плотности  $\sigma$ от скорости продольных  $V_p$ и поперечных  $V_s$  волн и обосновали схему оценки прочности кристаллических пород Казахстана на основе методики Брыксина А.В, Крылова С.В.1990 г. Скорости продольных V<sub>p</sub> и поперечных V<sub>s</sub> волн были вычислены по материалам ГСЗ или профильной томографии в результате двумерного моделирования земной коры решением обратной задачи рефрагированных волн. В качестве исходного материала использовались профильные модели земной коры по достаточно густой сети многократно пересекающих профилей различной региональных ориентировки, проходящих через все структуры Прикаспийского региона с выходом в сопредельные территории (рисунок 3.4). Изучение тектоносферы по этим профилям проводилось в связи необходимостью создания глубинных геодинамических моделей сейсмоактивных геоблоков региона.



Рисунок 3.4 – Схема региональных сейсмических профилей (ГСЗ) юга Прикаспийской впадины (фрагмент)

В результате совместной обработки материалов глубинных сейсмических зондирований тремя модификациями (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, профильная томография) для исследуемой территории, получены следующие основные геофизические параметры, определяющие глубинную структуру

любых региональных геолого-геофизических моделей коры:

- скорости продольных волн  $V_p$  и поперечных волн  $V_s$ 

- плотности ρ,

- а также вычисленные по ним (с учетом скорости поперечных волн  $V_s$  и теплового потока) значениям вспомогательных параметров — температуры T, модулей объемного сжатия K и сдвига G, мгновенной прочности на сдвиг  $T_c$  предельной упругой энергоемкости  $\omega$ , процентного содержания кремнезема  $SiO_2$  и фемических окислов FeMn.

Выбор группы вспомогательных параметров определяется стремлением возможно более полного представления упруго-прочностных характеристик среды по доступным геофизическим данным: Известно, что величина 1/Kхарактеризует сжимаемость среды, G – ее жесткость,  $T_c$  и  $\omega$  соответственно максимальные значения сдвиговых напряжений в точках среды и упругой энергии в единице ее объема, достигаемые к моменту разрушения. Состав среды (кислой или основной) вычисляется в помощь ее петрофизической интерпретации [101].

В итоге, создана объемная многопараметрическая модель земной коры исследуемого региона, в которой в качестве базовых параметров использованы скорости продольных ( $V_p$ ) и поперечных ( $V_s$ ) волн, плотность ( $\rho$ ). Поиски структурных неоднородностей осуществлялись путем выделения зон изменения свойств среды по этим параметрам, ведущих к превышению или уменьшению их значений по отношению к среднему фоновому (рисунок 3.5-3.6).



Условные обозначения: а – скорости V<sub>p</sub> и V<sub>s</sub>, в – плотность  $\rho_{\text{мод}}$  и  $\rho(V_p, V_s)$ , с – модули сдвига G, объемного K и линейного E сжатия, d – V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub> и коэффициент Пуассона v, е – литостатическое давление P и мгновенная прочность на сдвиг  $\tau_c$ , f – температура T и предельная упругая энергоемкость  $\omega$ .

Рисунок 3.5 – Фоновые одномерные зависимости значений геофизических параметров от глубины для земной коры Казахстана (Шацилов В.И., 1995)]



Рисунок 3.6 – Параметрические модели земной коры по профилю Волгоград-Челкар-Тургайский: скорости продольных (V<sub>p</sub>) и поперечных V<sub>s</sub> волн (a), плотность ρ (б)

#### 3.3 Сейсмические исследования

Сейсмический метод изучения глубоких горизонтов земной коры всегда является опорным. Возрастающие требования к достоверности получения геологической информации ставит перед глубинными сейсмическими более исследованиями задачу получения детальных И полных экспериментальных данных о структуре и составе глубоких горизонтов земной коры. Одним из перспективных путей решения этой задачи является одновременное использование различных типов и поляризаций волн. Это достигается усложнением системы наблюдения, что обеспечивает на выходе получение согласованных и взаимодополняющих сейсмических данных изучаемой среды и расширяет возможность геологической интерпретации сейсмических данных [11,18, 102, 103].

Автором основное внимание было уделено результатам

переинтерпретации данных сейсморазведки по геотраверсам. Геотраверсы обеспечены надежной сейсмической основой для физико-геологического моделирования глубоких горизонтов земной коры и верхней мантии. В Институте Сейсмологии МЧС РК проведена интенсивная работа по переинтерпретации всех сейсмических материалов по новой методической основе по территории Казахстана. В итоге были разработаны методические рекомендации по изучению глубинного строения на основе применения геотраверсов. Изучение геотраверсов Прикаспийского региона (как асейсмичного) носили ограниченный характер [6, 100].

использованы В работе В основном материалы глубинного сейсмического зондирования: ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ. Кроме того южная часть Прикаспийской впадины покрыта густой сетью региональных сейсмических профилей МОГТ, отработанных различными организациями Казахстана и России в период 1975-1995 гг. Глубинные сейсмические исследования земной коры методами МОВЗ, МОВЗ-ГСЗ территории РК выполнялись специальной региональной геофизической экспелицией (Партия №35) ΗΠΟ Илийской «Нефтегеофизика», методом ΟΓΤ-ΓC3 геофизической а экспедицией ПГО «Казгеофизика» (см. рисунок 3.4). До недавнего времени они в результативном плане представляли собой разрезы земной коры, на которых с различной степенью детальности и достоверности обозначались глубины до фундамента, раздела Мохо, промежуточных границ в коре, часто наиболее протяженные из них объединялись в одну границу Конрада (рисунок 3.7). В настоящее время ситуации заметно изменилась. При современном теории и методов интерпретации сейсмические состоянии разрезы представлены параметрами, характеризующиеся достаточно полной и надежной информацией о среде: изолиниями скоростей, отражающими и преломляющими границами, областями развития слоев пониженной и повышенных скоростей, средними значениями параметров затухания, коэффициентов Пуассона и др. Применив наиболее перспективный и результативный из существующих приближенный способ преобразования системы годографов рефрагированных волн в двухмерные скоростные модели группой специалистов института Сейсмологии МОН РК под руководством В.И. Шацилова переобработано большинство профилей ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ и КМПВ, отработанных в разные годы в Казахстане и на прилегающих территориях.

Широко используемые до этого способы и алгоритмы обработки сейсмических данных позволяли получить значения истинной скорости только в случае выпуклых форм годографов, что характеризовало постоянное нарастание градиента скорости с глубиной. В случае обратной формы годографов эти способы не работали [100,104]. Поскольку реальный геологический разрез характеризуется скоростными неоднородностями разного знака (сложная выпукло-вогнутая форма годографов), в процессе переобработки сейсмических данных использована вся система встречных и нагоняющих годографов для получения двухмерного поля значений истинной

скорости в плоскости разреза. Для этого наблюденные годографы преобразовывались в двухмерное поле времен в функции *x*/2*T*.



Профиль: Южно-Эмбинская моноклиналь-Карабаурская антиклиналь -Большой Балхан(Р.Г. Гарецкий, А.Л. Яншин, 1966)



Условные обозначения. 1 - сейсмические границы и значения граничных скоростей (в км); 2 - поверхность Мохо; 3 - разломы, зоны разломов; 4 – пластовые скорости (в км); 5 – средние скорости (в км); 6 – осадочный слой; 7 – гранитный слой; 8 – базальтовый слой; 9 – кайнозой-среднекаменноугольные осадочные образования (см. разрез III); 10 – поверхность ордовикско-каменноугольного складчатого комплекса герцинид (см. разрез III);11 – отражающие площадки(см. разрез X); 12 – условные отражающие горизонты (см. разрез X`);

Рисунок 3.7 – Схематический разрез земной коры по данным ГСЗ

Разработанные алгоритмы и программы рассчитаны на среды, не содержащие скачкообразных изменений скорости, поэтому линеаризованная постановка задачи, реализованная в алгоритме, требует сглаживания изохрон. Вычисленные значения имеют удовлетворительную точность лишь, когда интервал столбцов вычисленных значений скорости в плоскости разреза не меньше взрывного интервала наблюденных годографов. Сходимость наблюденных и расчетных годографов проверялась решением прямой задачи. Степень достоверности разреза в линиях равных скоростей оценивалась сопоставлением расчетной зависимости средней скорости от глубины с таковой, полученной в результате решения обратной задачи. Наибольшие значения среднеквадратических отклонений (до 0,3 км/с) характерны для верхней части разреза; по мере увеличения глубины они уменьшаются до 0,15 км/с [98].

Для построения границ обмена и отражающих границ определялись параметры  $V_p(H)$  и  $V_s(H)$ . Графики  $V_p(H)$  и  $V_s(H)$  интерполировались на всю мощность земной коры, с учетом значений средней скорости для надежных отражающих площадок вблизи границы M, при построениях способом эллипсов. Однотипные наборы графиков  $V_p(H)$  и  $V_s(H)$ осреднялись; осредненные значения по крупным блокам использовались для региональных построений границ обмена и отражающей границы [98].

При создании исходной скоростной модели той части разреза, которая не охватывается решением обратной задачи рефрагированных волн, важную роль играют системы годографов отраженных волн от границы Мохо. С их помощью сформирована исходная скоростная модель на всю мощность земной коры. Критерием правильности формирования скоростной модели является решение прямой задачи. Удовлетворительный результат обычно достигается после трех-четырех корректировок. Поскольку при производстве МОВЗ-ГСЗ осуществляются трехкомпонентные наблюдения (имеются годографы волн P и S), по разрезам проведена независимая обработка и формирование структурно-скоростных моделей для волн P и S. В результате получены разрезы в значениях  $V_p/V_s$  (коэффициентов Пуассона,  $\sigma$ ), которые составили реперную характеристику земной коры [98,101].

Таким образом, параметрическое моделирование земной коры и мантии на основе ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ позволило построить скоростные разрезы представленные в виде пакетов горизонтальных сечений(срезов) для разных гипсометрических уровней коры или структурных схем скоростных уровней. Структурно-скоростные разрезы позволили установить неоднородное строения литосферы по латерали. Аномалии скоростей отрицательного и положительного знаков характеризуют блоки глубинных слоев и верхней мантии разного вещественного состава и строения. Большинство из них соответствуют разнородным по глубинному строению и составу блокам тектоносферы (рисунок 3.8).

Переинтерпретация сейсмических материалов с применением современных процедур анализа волновых полей, математического

моделирования и компьютерных технологий показали, что новые скоростные модели принципиально отличаются от составленных в прежние годы.

Характер скоростного разреза дает представление о соотношении слоев земной коры и типе палеокоры, поэтому эти модели можно эффективно использовать как для реставрации палеогеодинамических обстановок в палеозое, так и для выявления современных структурных особенностей земной коры и верхней мантии.



Рисунок 3.8 – Двумерная Р-скоростная модель по профилю Эмба-Колпашево

Структурно-скоростные модели разрезов, использованы для решения следующих конкретных задач;

1) построения глубинных границ;

2) выделения неоднородностей строения различных слоев земной коры;

3) фиксировании границы Мохоровичича (М);

4) определения положения гравитирующих объектов в глубинном разрезе;

5) в комплексе с сейсмотомографией, выявление неоднородности строения мантии;

6) проведения геологической интерпретации, поскольку наглядно отображают сложные структурные взаимоотношения разнородных блоков на глубине.

Итоговые скоростные разрезы по региональным профилям (см. рисунок 3.4) по полноте и надежности информации разделены на три категории: опорные, рядовые и вспомогательные. Первые обеспечены системами годографов, полной авторской скоростной характеристикой коры и, частично, верхней мантии. По этим профилям производилось решение обратной задачи рефрагированных волн с учетом которого формировалась окончательная модель. Рядовые профили обеспечены авторскими вариантами преломляющих и отражающих границ, значениями блоковых, пластовых (интервальных) и граничных скоростей. С учетом пересечений с опорными профилями, построены скоростные модели в изолиниях. Вспомогательные профили проведены по ответственным участкам с большим межпрофильным пространством между опорными и рядовыми. Скоростные модели по ним составлены с учетом структурных карт стратифицированных отражающих

или преломляющих границ, данных геолого-геофизических обобщений и значений скорости в точках пересечения с опорными и рядовыми [98,105].

### 3.4 Гравиметрические исследования

Гравиметрические исследования – часть комплекса геофизических методов, применяемых при изучении тектоносферы.

Цель интерпретации гравитационного поля в случае глубинных исследований – установление распределения плотности слоев земной коры и верхней мантии. Основной параметр, влияющий на интенсивность гравитационного поля Земли, плотность глубинных пород, отчетливо изменяется в зависимости от состава и состояния вещества глубинных неоднородностей.

При изучении глубинного тектонического строения за основу принимались гравиметрические карты наблюденного поля различных масштабов, поскольку они содержат наиболее полную информацию как о неоднородности отдельных глубинных горизонтов и регионе в целом, так и по геологическому строению отдельных объектов.

Казахстанская часть территории Прикаспийского осадочного бассейна покрыта кондиционной гравиметрической съемкой масштабов 1: 500 000-1:200 000. По отдельным перспективным участкам выполнена высокоточная детальная съемка с применением высокопроизводительных современных гравиметров (1:50 000-1:25 000). По материалам этих съемок составлены и большей частью изданы гравиметрические карты масштаба 1:500 000 в редукции Буге с плотностью 2,3 г/см<sup>3</sup> и 2,67 г/см<sup>3</sup>.

В 2011 году группой специалистов компании НПО «Геокен» были обобщены результаты гравиметрических работ по Прикаспийскому региону и представлены в виде обновленных сводных гравиметрических карт различного масштаба (Коврижных П.Н., Воскобойников Д.М., Шагиров Б.Б., 2011) [106]. Кроме того карты наблюденного поля сопровождаются картами трансформаций гравитационного поля: региональной составляющей (20 и 10 км в верхнее полупространство), локальной составляющей (высокочастотная полосовая фильтрация, узкополосный фильтр и фильтр средней ширины), и вертикальной и горизонтальной производной аномалии Буге. Сечение изоаномал составляет 5, 2, 1 и 0,5 мГл [107-108].

При решении поставленных задач автор опирался на методику анализа гравитационного поля, по которой принято выделять три гравитирующих этажа с разной степенью латеральной плотностной неоднородностью [109].

Верхний этаж – земная кора, где данные о плотности и скоростях сейсмических волн позволяют установить основные черты геологического строения. Они дополняются результатами бурения, отражающими мощность и плотность приповерхностных геологических тел, данными анализа магнитного поля и пр. Для районов с мощным осадочным слоем используются

результаты сейсморазведки методом КМПВ. По данным гравиметрических методов выделяются границы раздела отдельных глубинных структур, выделенных на сейсмическом разрезе, уточняется их геометрия, выделяются блоки, в которых закон связи скорости и плотности резко отличается от принятого.

Средний этаж – верхняя мантия. Здесь большую роль в построении модели играют сейсмологические данные. Данные о мантийных скоростях на профилях ГСЗ позволяют зафиксировать скоростные неоднородности мантии в интервале глубин от 100 до 500 км. Используя закон связи скорости и плотности и анализируя региональные гравитационные аномалии выявлены неоднородности верхней мантии. Комплексный анализ других областей геологии и геофизики: геохимии и петрологии мантии, геотермии, геоэлектрики и т. д. зачастую позволяет определить природу этих аномалий.

Нижний этаж – глубины ниже тектоносферы, обычно – это средняя мантия и глубже. Здесь распределение плотности принимается однородным по латерали. Плотностная модель этажа строится по данным сейсмологии и используется для расчета глобального гравиметрического поля Земли [110, 111].

Гравитационное поле по своей природе отображает распределение эквивалентных плотностных неоднородностей гравитирующих масс, условно "вынесенных" на ту или иную эквипотенциальную поверхность, и поэтому не дает ответа на вопрос, на каких конкретных глубинных уровнях эти массы расположены. Региональная составляющая гравитационного поля хорошо отображает блоковую (в плане) структуру тектоносферы, но для привязки неоднородностей ее строения по разным уровням глубин необходимо привлечение независимых данных, таких как магнитотеллурические (МТЗ) и сейсмические, сейсмотомографические (ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ), геологические и др. Поэтому, выявленные неоднородности на больших глубинах учитывались при характеристике конкретных геологических тел только в том случае, когда они подкрепляются независимыми данными в первую очередь ГСЗ и МТЗ. Таким путем выделялись глубинные магматические очаги, глубоко погруженные блоки сиалического фундамента, тела гранулитов основного состава, линзы приращения базальтового слоя (коромантийные смеси), верхушки мантийных плюмов и т.п.

В последние десятилетия интенсивно создаются принципиально новые методы интерпретации полей, имеющие цель построения трехмерной модели строения геологической среды, адекватной наблюденному гравитационному полю, увязанную с существующей априорной информацией [112]. К примеру к таким методам относятся: интерпретационная томография (Бабаянц П.С., 2002, 2004), частотная селекция (Довбнич М.М.,2004, Мусебов Н.И., 2004), корреляционное зондирование (Лебедев А.Н.,2001, Лебедев А.Н., Петров А.В.,2001), компенсирующая фильтрация [Петров А.В.,2003); методы, основанные на аналитическом продолжении полей (Баньковский М.В., 2003, Мартышко П.С., 2002) или осреднении с последовательным увеличением скользящего окна (Матусевич А.В., 2006); способ послойного определения плотности (Подгорный В.Я.,2003), вычисление градиентов дисперсии полного нормированного градиента поля (Болдырева В.А., 2002, Гершанок В.А., 1997, Чернов А.А., 2008); нашло свое дальнейшее развитие метода полного нормированного градиента В.М. Березкина (Березкин В.М.,1988) и др. За рубежом широко применяются способы, основанные на деконволюции Эйлера (CordellL.,1994, FediM.,1999, GrauchV.J.S., 2002, MarsonI.,1993 и др.).

Традиционно, при интерпретации гравиметрических данных необходимо решить две основные задачи: разделить поле на составляющие с выделением источников аномалий в плане и по глубине; дать количественную оценку параметров источников аномалий.

При разделении гравитационного поля на составляющие были использованы следующие методики. В первую очередь для привязки неоднородностей строения поля силы тяжести по разным уровням глубин применяются различные методы преобразований, или трансформаций исходного (наблюденного) аномального поля, которые выявляют либо региональные, либо локальные аномалии. Наиболее распространены аналитические продолжения наблюденного поля в верхнее и нижнее полупространства, которые позволяют выделить те или иные составляющие гравитационного поля на региональном и локальном уровнях. Пересчеты вверх, т. е. на уровни выше поверхности наблюдений, приводят к резкому уменьшению амплитуд локальных аномалий и несущественному изменению региональных. Это позволяет при оптимально выбранной высоте пересчета отождествлять трансформированные аномалии с региональным фоном. Пересчет наблюденного поля вниз, ниже плоскости наблюдений, так же, как и вычисление высших производных поля силы тяжести, приводит К подчеркиванию локальных аномалий поля.

По картам и графикам  $\varDelta g_{\mu a \delta n}$  или  $\varDelta g_{n o \kappa}$  и  $\varDelta g_{p e r}$ , пользуясь выводами из решений прямых задач гравиразведки, сделаны качественные заключения о плотностных неоднородностях, создающих ЭТИ аномалии. Определив местоположение центров возмущающих масс, простирание форму И интенсивности тел, ПО аномалий сделаны выводы аномальных об эффективной массе и глубине их залегания. Положительные аномалии соответствуют местоположению более плотных пород по сравнению с вмещающими, отрицательные — менее плотных или поднятию и опусканию какой-либо субгоризонтальной границы, на которой существует скачок плотностей горных пород. Зоны повышенных горизонтальных градиентов соответствуют крутым контактам пород разной плотности [113-115].

Карты трансформаций гравитационного поля Прикаспийской впадины, получены в результате цифрового преобразования растрового варианта карты поля силы тяжести масштаба 1:1 500 000 (пересчет в верхнее полупространство на 10, 20 и 40 км). Использовались для изучения строения верхней части земной коры, для выявления аномалиеобразующих тел на уровне осадочного, гранитно-метаморфического и гранулит-базитового слоев. Процедура преобразования заключалась в создании линейной прямоугольной матрицы значений поля силы тяжести, обеспечивающей его сглаживание, в привязке этой матрицы к выбранной сетке географических координат. С помощью низкочастотной фильтрации на площади Прикаспийской впадины и ее обрамления были подавлены локальные аномалии и выделено региональное гравитационное поле силы тяжести, представленное на карте в изономалях с сечением 5 мГл (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Прикаспийская впадина. Региональные гравитационные аномалии (Коврижных П.Н., Воскобойников Д.М., Шагиров Б.Б., 2011).

Комплексный анализ данных глубинной сейсморазведки МОВЗ показал, что в региональной составляющей поля силы тяжести интегрировано отображено все многообразие геологического строения литосферы Прикаспийского региона Казахстана по латерали и по глубине, т.е. проявлены аномальные эффекты от неоднородностей мантии и основных слоев (без локальных возмущений) коры. Сопоставляя региональное гравитационное поле с геодинамической моделью Прикаспийской впадины и крупными структурами, обрамляющими её, выявлена их хорошая согласованность [116-117].

В случае отсутствия сейсмических данных ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ при изучении неоднородности тектоносферы задача выбора функции приведения для территории Казахстана до сих пор не решена, что усугубляет проблему неоднозначности интерпретации; не позволяет выполнять объективное согласование сейсмических и гравиметрических данных, отрицательно влияет на ход всего интерпретационного процесса [118]. В связи с этим в работе использованы трансформированные карты, полученные методом разделения наблюдённого поля, сила тяжести на составляющие, разработанного В. П. Горбуновым (2000 г.) с помощью алгоритма унаследования на основе изучения параметров статистической структуры исходной функции [22]. Данный алгоритм выгодно отличается от традиционных приёмов, так как не требует предварительного обоснования параметров трансформации.

На первом этапе производится разделение наблюденного поля силы тяжести на три ортогональные составляющие: региональную, остаточную и локальную выполнена с помощью метода главных компонент [25]. Исходные матрица значений наблюденного поля силы тяжести. ланные \_ Результирующая информация – матрицы регионального (сглаженного) и остаточного полей. Наблюденное поле отнесено к однородной выборке. Низкочастотная составляющая наиболее полно соответствует региональному полю, обусловленному гравитационным эффектом от основных слоев земной коры, равна 91%. В региональной составляющей интегрированы эффекты от неоднородностей мантии И основных слоёв земной коры. Вторая составляющая (остаточная первого порядка) характеризует гравитационный эффект от внутрикоровых плотностных неоднородностей в среднем до глубины 20 км. Третья составляющая (остаточная второго порядка), самая гравитационному высокочастотная. Отвечает эффекту ОТ локальных приповерхностных объектов. Глубина их заложения не больше 5-10 км (рисунок 3.10).

Соответственно такому разделению, в процессе моделирования гравитационного поля построены плотностные модели коры, рассчитанные как сумма трех самостоятельных моделей – собственно коровой, внутрикоровой и приповерхностной (рисунки 3.11-3.13).

В целом, региональная гравиметрическая карта представляет интерес для получения обобщенного представления о внутренней структуре коры, для детализации и районирования по гипсометрическому уровню которой, более важное значение имеют результаты разложения поля на составляющие.

Практически во всех опубликованных работах по глубинному строению подчёркивается видимая связь наблюдённого поля силы тяжести с морфологией поверхности М. Однако формальные доказательства этой связи, как правило, отсутствуют. Наиболее популярный приём построения поверхности М по полю силы тяжести основан на корреляционном анализе материалов сейсмометрии и гравиметрии. При этом гравитационное поле пересчитывается в верхнее полупространство, например, на высоту 45 км для всей территории Казахстана. Анализ данных, приводимый в таблице 1 убедительно показывает, что такой подход неоднозначен.

Тип коры											
Ι				Π				III			
<b>B</b> *	C*	D*	Α	В	С	D	Α	В	С	D	
36	2.80	6.40	0	31	2.69	5.46	-1.5	49	2.85	6.6	
39	2.83	6.52	-0.40	39	2.79	6.36	-2.1	52	2.85	6.6	
42	2.86	6.64	-0.55	41	2.82	6.48	-2.7	55	2.85	6.6	
45	2.88	6.72	-0.70	45	2.85	6.60	-3.3	58	2.85	6.6	
48	2.90	6.84	-0.80	47	2.86	6.64	-3.9	61	2.85	6.6	
	<b>B</b> * 36 39 42 45 48	I   B* C*   36 2.80   39 2.83   42 2.86   45 2.88   48 2.90	I D*   B* C* D*   36 2.80 6.40   39 2.83 6.52   42 2.86 6.64   45 2.88 6.72   48 2.90 6.84	I D* A   36 2.80 6.40 0   39 2.83 6.52 -0.40   42 2.86 6.64 -0.55   45 2.88 6.72 -0.70   48 2.90 6.84 -0.80	Turi   I I   B* C* D* A B   36 2.80 6.40 0 31   39 2.83 6.52 -0.40 39   42 2.86 6.64 -0.55 41   45 2.88 6.72 -0.70 45   48 2.90 6.84 -0.80 47	Тип коры   I II   B* C* D* A B C   36 2.80 6.40 0 31 2.69   39 2.83 6.52 -0.40 39 2.79   42 2.86 6.64 -0.55 41 2.82   45 2.88 6.72 -0.70 45 2.85   48 2.90 6.84 -0.80 47 2.86	Тип коры   I II   B* C* D* A B C D   36 2.80 6.40 0 31 2.69 5.46   39 2.83 6.52 -0.40 39 2.79 6.36   42 2.86 6.64 -0.55 41 2.82 6.48   45 2.88 6.72 -0.70 45 2.85 6.60   48 2.90 6.84 -0.80 47 2.86 6.64	Тип коры   I II I   B* C* D* A B C D A   36 2.80 6.40 0 31 2.69 5.46 -1.5   39 2.83 6.52 -0.40 39 2.79 6.36 -2.1   42 2.86 6.64 -0.55 41 2.82 6.48 -2.7   45 2.88 6.72 -0.70 45 2.85 6.60 -3.3   48 2.90 6.84 -0.80 47 2.86 6.64 -3.9	Тип коры   I I I   B* C* D* A B C D A B   36 2.80 6.40 0 31 2.69 5.46 -1.5 49   39 2.83 6.52 -0.40 39 2.79 6.36 -2.1 52   42 2.86 6.64 -0.55 41 2.82 6.48 -2.7 55   45 2.88 6.72 -0.70 45 2.85 6.60 -3.3 58   48 2.90 6.84 -0.80 47 2.86 6.64 -3.9 61	Тип коры   I II III   B* C* D* A B C D A B C   36 2.80 6.40 0 31 2.69 5.46 -1.5 49 2.85   39 2.83 6.52 -0.40 39 2.79 6.36 -2.1 52 2.85   42 2.86 6.64 -0.55 41 2.82 6.48 -2.7 55 2.85   45 2.88 6.72 -0.70 45 2.85 6.60 -3.3 58 2.85   48 2.90 6.84 -0.80 47 2.86 6.64 -3.9 61 2.85	

Таблица 1 - Прогнозные значения параметров земной коры

\*) A –  $\Delta_{gp}$  (мм/с<sup>2</sup>), B – Нм (км), C –  $\overline{\rho}$  (г/см<sup>3</sup>), D –  $\overline{V}p$  (км/с)



Рисунок 3.10 – Трансформированные гравиметрические карты Каспийского региона: а) региональная, б) остаточная, в) локальная составляющие. Масштаб 1: 2 500 000 (Б.С. Ужкенов, Е.Н. Нусипов и др.2008)



Рисунок 3.11 – Карта остаточной составляющей поля силы тяжести 1 порядка Казахстанской части южного борта Прикаспийской впадины







Категории профилей Опорные Опорные Веломогательные Интерпретационные

Масштаб 1:1 500 00

Рисунок 3.13 – Карта локальной составляющей поля силы тяжести Казахстанской части южного борта Прикаспийской впадины

Из таблицы видно, что в платформенных областях увеличение значений средних плотности и скорости адекватно возрастанию её мощности. В горных областях эта тенденция имеет обратный знак, но её точный ход завуалирован за счёт влияния положительного эффекта от мантийных неоднородностей обоих знаков, изменяющегося в пределах Тянь- Шаня в интервале (+0.4÷+2.1) мм/с<sup>2</sup>, а радиус его влияния распространяется до 1.000 км. Данные таблицы показывают, что кора, например, Кокчетавского массива и Казахстанского Прикаспия на уровне параметрической модели относятся к типу 1, хотя их морфологический рисунок существенно различен.

Специалистами института Сейсмологии МОН РК на примере изучения тектоносферы Тянь-Шаня разработана методика количественного построения рельефа поверхности М и выявления типакорыпогравитационному полю [25]. В процессе комплексного анализа сейсмических и гравитационных данных получена функция приведения: разность теоретического и наблюдённого гравитационного полей в каждой расчётной точке. Эта величина соответствует следующим исходным положениям:

-плотность коры определяется по скорости продольных волн Vp помощью формулы:

## $\rho = 2.70 + (Vp-6);$

-дефицит плотности для коровых слоёв вычисляется относительно нормальной мантии, плотность которой принята равной 3,32г/см<sup>3</sup>;

-модель аппроксимируется тригональными призмами бесконечного простирания.

. В двумерном варианте для Прикаспийского региона ее значение составляет 8.2 мм/с<sup>2</sup>

Используя функцию приведения в пределах Казахстана установлены три типа земной коры, контрастно различающиеся по физическим параметрам. Каждая из типов уверенно идентифицируется по уровню гравитационного поля. Первые два – платформенные – характеризуются соответственно значениями в интервале (-0.4)  $\div$  (+0.4) и (-0.4)  $\div$  (-0.8), третий –орогенный–(-0.8) + (-3.2 и более) мм/с<sup>2</sup>. Для каждого типа коры выведены эмпирические формулы связи между мощностью коры Нм и значениями региональной составляющей поле силы тяжести, имеющие принципиальные различия [119]:

$$H_{M} = 42 + \frac{\Delta gp}{5} - для первого типа коры,$$
$$H_{M} = 31 + \frac{\Delta gp}{5} - для второго типа коры,$$
$$H_{M} = 41.5 + \frac{\Delta gp}{20} - для третьего типа коры.$$

По этим формулам рассчитаны дискретные ряды, прогнозирующие мощность коры от уровня моря, а также, с использованием функции приведения, средневзвешенные значения плотности р и скорости продольных скоростей VP.

Установленные системные закономерности, широко апробированы в разных сейсмически опасных районах Казахстана, позволили уверенно сформировать плотностную модель уже на уровне нулевого приближения, обеспечить совместное моделирование платформенных и орогенных областей, а также оценить информативность сейсмических моделей и взаимно корректировать данные двух ведущих методов (грави- и сейсмометрии) при создании объёмной плотностной модели тектоносферы 120].

В целоманализ гравитационного поля выполнен путем формирования объемной многослойной модели, включающей все основные геологоплотностные границы от подошвы кайнозоя до поверхности Мохоровичича. Модель описывалась по сети 5х5 км, размер ее в плане составил 850 км<sup>2</sup>

Изучение общих закономерностей структуры гравитационного поля Прикаспийской впадины является задачей чрезвычайно сложной. Развитие методов цифровой обработки сигнала и широкое применение компьютерных технологий одной стороны, накопленные с В большом объеме гравиметрические данных по региону с другой стороны, позволяют провести на новом, более высоком качественном уровне, обработку и спектральный анализ гравитационного поля (трансформации), качественный анализ и количественную интерпретацию гравитационного потенциала, моделирование поля силы тяжести для изучения глубинного строения региона [110, 111].

## 3.5 Магнитометрические исследования

Магнитное поле является высокоинформативным источником сведений о глубинном строении и вещественном составе осадочного чехла, а на уровни глубоких горизонтов, неоднородности кристаллического фундамента. На сегодняшний день в Прикаспийском регионе наиболее кондиционные магнитометрические материалы имеются по северной части акватория Каспийского моря и по территории Казахстана, обрамляющей Каспийское море с севера и востока. Здесь выполнены детальные аэромагнитные съемки с густотой маршрутов, соответствующих масштабам 1:50 000 и 1:100 000, что позволяет решать принципиально новые геологические задачи, по некоторым данным – вплоть до выявления прямых признаков наличия углеводородов.

В диссертации использована сводная карта магнитного поля в масштабе 1: 500 000, составленная по результатам детальных аэромагнитных съемок НПЦ «Геокен», по территории Прикаспийской впадины и ее обрамления. Среднеквадратичная ошибка опорной сети – десятые доли нТл, общая ошибка карты не превышает  $\pm 1,0 \div 1,5$  нТл [57]. Такая карта дает возможность на новой фактической основе провести анализ магнитного поля и комплексную интерпретацию накопленных к настоящему моменту материалов геологогеофизических съёмок. Магнитное поле, полученное после первичной подвергалось обработки И увязки смежных участков, специальным трансформациям, позволяющим выявить его особенности, максимально отражающие те или иные детали геологического строения.

Измеренное различные магнитное поле отражает источники. обратной Большинство существующих методов решения задачи магниторазведки разработаны для локальных аномалий. Поэтому, В магнитометрии, как и при анализе гравитационного поля, для практических целей полное геомагнитное поле разделяется на нормальное и аномальное. Для этого произведена трансформация исходного материала с целью подчеркнуть те или иные особенности поля и затушевать (ослабить) сторонние эффекты, исходя из поставленной задачи

При этом последние не полностью исключаются из трансформированного материала, а частично сохраняются в нем в виде некоторого искажающего влияния. Трансформированные поля позволяют только улучшить наглядность влияния отдельных возмущающих факторов. Как правило, аномальная часть связана с неоднородной намагниченностью земной коры, а нормальная – с эффектами протекания токов в мантии и ядре [95].

Трансформация аномального магнитного поля на региональную и локальную составляющие с различным радиусом осреднения дает детальное представление о геологическом строении района. Региональные магнитные аномалии выделены по пересчетам аномального магнитного поля в верхнее полупространство на разные высоты. На картах пересчетов поля  $\Delta T$  верхнее полупространство отражены аномалии крупных размеров и выдержанные по

параметрам. Сравнение карт пересчетов магнитного поля на разные высоты показывает, что региональные аномалии проявляются, начиная с высоты пересчета 5 км, и сохраняются на всех картах пересчетов до 40 км. Наиболее оптимальной для их выделения в исследуемом районе принята высота пересчета на 10 км. При этом на 10 кмпересчете не остается следов локальных искажений, и в то же время региональные аномалии не сглаживаются так сильно, как при пересчете на 40 км [95].

Региональные магнитные аномалии определяют основной рисунок магнитного поля Прикаспийского региона (рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 – Карта региональной составляющей магнитного поля южного борта Прикаспийской Впадины (НПЦ «Геокен» 2011)

Локальные составляющие представляют вклад в общее магнитное поле аномалий от менее глубоких объектов, чем выше порядок составляющей, т.е. чем более «высокие» (короткие) пространственные частоты превалируют, тем с менее глубокими объектами связывается эта составляющая поля. Локальная составляющая 1-го порядка характеризует распределение магнитных объектов на глубинах нескольких километров (обычно, в нижней части осадочного чехла региональных впадин), 2-го и более высоких порядков – соответственно, на меньших глубинах (рисунок 3.15)






Рисунок 3.16 – Карта параметра псевдогравитационного преобразования магнитного поля (НПЦ «Геокен» 2011)

Псевдогравитационное интегральное преобразование (рисунок3.16) позволяет увидеть магнитное поле в виде и со свойствами, аналогичными гравитационному полю – максимумы и минимумы аномалий от глубинных объектов располагаются над центрами возмущающих объектов, аналогично гравитационным, сами аномалии однополярные, т.е. не имеют сопутствующих им аномалий противоположного знака, осложняющих восприятие целостной картины. С итерационной процедуры подбора помошью модели распределения магнитного поля по площади, наблюдённое магнитное поле разделено на составляющие, главная и наиболее низкочастотная, которой фундаментом, а остаточное связана поле даёт представление о С распределении магнитных свойств пород осадочного чехла. Построенные карты распределения магнитных аномалии позволяют получить информацию об особенностях геологического строения различных глубинных уровней осадочного чехла. В рамках поставленных в диссертации задач автором анализировалась региональная составляющая магнитного поля, широко используемая при отражении наиболее крупных особенностей поля, связанные с распределением магнитных масс на большой глубине.

Как правило, положительные аномалии характеризуют активные окраины континентов, коллизионные вулканические и вулканоплутонические пояса разного возраста. Определенная часть магнитных аномалий обусловлена влиянием глубинных магнитоактивных масс, связанных с формированием рифтовых систем, а также сближенных с ними в пространстве более поздних по времени островодужных систем.

## 3.6 Геотермические исследования

Изучение теплового поля Земли дает важнейшую количественную информацию для понимания и моделирования геодинамических процессов в геосферах и для оценки геолого-геофизических проявлений. Межли распределением тепловых потоков и другими геофизическими полями существуют достаточно тесные связи. Они основаны, с одной стороны, на чувствительности этих полей к колебаниям физических параметров горных определяются ИХ литолого-петрографическими пород, которые особенностями, минеральным составом и характером залегания, с другой – на зависимости этих параметров от температуры, изменяющейся в соответствии с величиной теплового потока. В настоящее время решение задач о внутреннем строении и тектонофизических процессах, протекающих в земной коре на больших глубинах, в значительной степени определяется уровнем наших знаний о поведении и физических свойствах горных пород при высоких давлениях (P) и температурах (T).

Тепловой поток (q) является основной интегральной характеристикой температурного поля литосферы и отражает интенсивность и направленность развивающихся в литосфере геодинамических процессов. Для районирования литосферы по тепловому режиму и геодинамической активности может быть

использована обратная зависимость между величиной теплового потока и временем последней тектоно-магматической активизации геологических структур[122].

В работе использованы результаты анализа по тепловому потоку, полученные разными исследователями в обширном и сложно построенном Центрально-Азиатском регионе. Тепловой поток Центральной Азии изучался с 60-7062-ых годов прошлого столетия коллективами исследователей из СССР, Китая и Индии. Полученная при этом экспериментальная информация разбросана в многочисленных, часто малодоступных, публикациях.

Геотермическая модель сейсмоактивных районов Казахстана разработана В.И. Шациловым, Н. П. Степаненко и др. на основе карты наблюденного теплового потока (Tn) и двумерной скоростной (плотностной) модели [101, 123, 124]. Сведения о теплопроводности горных пород земной коры заимствованы из литературных источников [125,97]. Величина теплового потока определяется как произведение значений геотермического градиента ( $\Delta t$ ) и коэффициента теплопроводности пород ( $\lambda$ ). Геотермический градиент измеряется в скважинах электротермометрами или в осадках глубоких водоемов с помощью погружных термографов. Теплопроводность пород обычно измеряется в лабораторных условиях на образцах горных пород из керна скважин. Основной объем определений теплового потока в регионе выполнен по скважинам разной глубины (обычно более 100 м), пробуренным при поисках месторождений полезных ископаемых.

Объемные скорости распространения продольных  $V_p$  и поперечных волн  $V_s$  в глубоких слоях земной коры являются фундаментальными параметрами для изучения глубинного тектонического строения. Величины  $V_s$  и  $V_p$  непосредственно связаны с химическим составом и структурой горных пород, а их различные вариации отражают сложные изменения термодинамических условий и вещественного состава земной коры [124].

Базовыми параметрами, на основе которых создавалась двумерная температурная модель по геотраверсам, покрывающим исследуемый регион, являлись скорости продольных волн  $V_p$ , плотность  $\rho$ , а также карта теплового потока ( $T_{\Pi}$ ) масштаба 1:5 000 000, изданная в 1991 году под редакцией В.В. Гордиенко и У.И. Моисеенко.

Результаты моделирования на базе карты теплового потока проиллюстрированы серией температурных срезов на подошве земной коры, на гипсометрических уровнях 15 км, 25 км, 35 км, а также структурными схемами температурных уровней 250°С и 400°С.

Изучение данных по тепловому потоку выявило, что для площадей с низкоскоростной мантией в глубоких скважинах на глубинах свыше 1000 м отмечаются высокие значения градиента температур от 3.45 до 5.1° С/100м. Причем градиенты изменяются в довольно широких пределах –от 11.6 до 5.1° С/100м. Районам развития высокоскоростной мантии соответствуют аномально низкие градиенты нарастания температур на глубинах свыше 100 м [126].

Площадь исследований относится к району с достаточно высокими эндогенными геотемпературными характеристиками. Так, на «Схеме геотермического районирования территории СССР» (масштаб 1:10 000 000, 1983 г.) она относится к области эволюционного накопления тепла под чехлом слабо литифицированных теплоизолирующих осадков с тепловым потоком 50-70 мВт/м<sup>2</sup> и температурой на глубине 10 км около 300°С.

Общая картина регионального распределения теплового потока на площади Прикаспийской впадины видна на рисунке 3.17.





Значение теплового потока (мВт/м2)

Рисунок 3.17 – Карта региональной составляющей теплового поля Прикаспийской впадины (У.А.Акчулаков, В.Б. Петровский, 2011)

При этом наблюдается увеличение значений теплового потока в северовосточной и в юго-восточной части бассейна. Напротив, в центральной части наблюдается широкая полоса с юго-востока на северо-запад относительно пониженных значений теплового потока с несколькими локальными положительными аномалиями, секущими эту полосу с юго-запада на северовосток.

В регионе довольно часто наблюдаются аномально высокие значения температуры в глубоких скважинах. Например, на площади Мынтобе, расположенной в Атырауской области в междуречье Урал-Волга, в процессе бурения скважины П1 на подсолевую карбонатную структуру с проектной глубиной 5200 м, была зафиксирована температура 248°С на глубине забоя – 4793 м. На забое была вскрыта сероцветная песчано-глинистая толща верхнепермско-триасового предположительно возраста, литологоминералогический анализ которой показал наличие глинки трения, минеральных новообразований гипса, ангидрита и, возможно, доломита. Эти сейсморазведочных результаты последующих детальных данные, исследований и выполненной тепловой аэросъемкой позволили сделать вывод о наличии здесь разломной зоны, через которую интенсивно разгружается

эндогенное тепло. Таким образом, подтверждена практическая эффективность методов изучения тепловых полей для решения задач трассирования тектонических нарушений в этом регионе [35]. При анализе данных тепловой космической ссъемки показано, что тепловые аномалии, зафиксированные на объектов снимках. протяженных (зон разломов) космических от прослеживаются только с помощью специальных методов обработки, которые позволяют выделять коррелируемые протяженные составляющие теплового поля, даже в случае, если они соизмеримы по амплитуде с величиной помех. Комплексный анализ результатов по изучению магнитоактивной поверхности (МАП), обработанные цифровые данные космической съемки на основе алгоритма специальной фильтрации тепловых полей, позволили выделить и проследить аномалии различных порядков, отображающие разноглубинные элементы геологического и тектонического строения исследуемой площади.

На рисунке 3.18 приведен пример результатов обработки теплового космического снимка на территорию юга Прикаспия.



Рисунок 3.18 – Карта протяженных аномалий теплового потока, картирующие зоны повышенной теплопроводности в породах фундамента. Фрагмент. южная Казахстанская часть Прикаспийской впадины (У. А.Акчулаков, В.Б. Петровский, 2011)

Параметры обработки подобранны таким образом, чтобы выделенные аномалии соответствовали глубинам залегания фундамента. Протяженными тепловыми аномалиями различной интенсивности достаточно четко выделяются системы зон региональных тектонических нарушений северовосточного, северо-западного, субмеридионального и субширотного направлений. Выделяются аномалии, которые пересекают практически весь бассейн с запада на восток. Например, субширотная аномалия на широте примерно 49 град. 20 мин. прослеживается с запада на восток через всю впадину. Эта аномалия осложнена оперяющими более локальными аномалиями северо-западного и юго-западного направления. Указанные и другие аномалии еще раз подтверждают, что фундамент имеет довольно сложное блоковое строение

## 3.7 Методика комплексной интерпретации и построение геологогеофизических разрезов

Представления о строении наиболее глубоких слоев земной коры и верхней мантии базируются на результатах обработки данных комплексных геофизических работ для построения послойныхглубинных карт земной коры и комплексного геолого-геофизического моделирования глубинного строения региона.

Ведущим в структурном анализе глубинных неоднородностей является комплексное геолого-геофизическое моделирование глубинного строения, основанное на опорных сейсмических профилях, пересчитанных в плотностные разрезы и скорректированных с фактически наблюденными исследованиями и магнито- и электрометрическими данными на основе решения прямых и обратных задач с использованием современных компьютерных технологий.

В процессе анализа геофизических полей автором использовались как общепринятые методы интерпретации геофизических данных: изучение физических свойств горных пород, обсчет моделей глубинного строения по разрезам, так и узкоспециализированные – широкое применение структурноскоростных и петроплотносных моделей литосферы Прикаспийского региона.

Исследования структур консолидированной коры – один из самых важных этапов изучения глубинного строения Каспийского региона, проведены в следующей последовательности:

1) Проведено разделение наблюденного поля силы тяжести на региональную, внутрикоровую и локальную составляющие, отражающие эффект от коровых, мантийных, внутрикоровых и приповерхностных геологических тел.

2) Изучены двумерные и объемные структурно-плотностные модели, на основе информации, заложенной в гравитационном поле, увязанные с сейсмческими данными. Проведен анализ двумерных плотностных и скоростных моделей. Важное место в этих комплексных исследованиях занимает сейсмогравитационное моделирование по всей площади исследований., от качества исполнения которого, зависит достоверность построения модели глубинного строения литосферы. В итоге построены плотностные и скоростные схемы отдельных слоев коры и верхней мантии в численном варианте и в изолиниях (рисунок 3.16-3.20).

3) На основе полученных взаимосогласованных на количественной

основе плотностных характеристик земной коры и верхней мантии Прикаспийского региона в совокупности со скоростными параметрами построены карты глубин отдельных слоев земной коры и их мощности (рисунок 3.21-3.25).

Результативными материалами этого этапа явились:

1. Схема изоглубин подошвы земной коры (поверхности Мохоровичича).

2. Схемы изоглубин и мощности отдельных слоев земной коры («гранитного», базитового и др.) слоев.

3. Схематический разрез земной коры региона.

4. Структурная карта поверхности фундамента.

5. Схема внутренней структуры фундамента (со снятым платформенным чехлом, отображающая взаимосвязь разновозрастных блоков фундамента и магматических комплексов.

Интерпретация гравитационного поля выполнялась путем формирования объемной многослойной модели (структурных слоев), включающей все основные геологоплотностные границы от подошвы кайнозоя до поверхности Мохоровичича.

Построение рельефа плотностных границ осуществлялось в три этапа, каждый из которых характеризовался применением модификаций гравитационного поля со, все более, высокой степенью коррелируемости с рельефом конкретной глубинной границы раздела, выявленной по данным ГСЗ.

На первом этапе составлялась предварительная модель рельефа глубинной поверхности. В качестве реперных точек и отдельных площадей выступали участки региона, где структура горизонта изучена по данным глубинной сейсморазведки или имелись данные бурения. На участках отсутствия таких данных выполнялась либо формальная интерполяция глубин по профилям ГСЗ, либо осуществлялся корреляционный прогноз, либо решалась обратная задача гравиразведки. Выбор исходной интерпретируемой составляющей гравитационного поля выполнен на основе фильтрации аномалий Буге и выделения региональных, остаточных и локальные аномалий. Первый этап интерпретации сейсмических данных завершился построением схем основным поверхностям раздела, начиная ОТ подошвы ПО кристаллического фундамента и заканчивая подошвой земной коры. По полученной объемной геологической модели первого приближения были рассчитаны теоретические поля. Второй этап интерпретации начинался с вычисления нового исходного интерпретируемого гравитационного поля, представлявшего собой редуцированное поле аномалий Буге. Из поля аномалий Буге были вычтены теоретические поля от всех границ раздела за исключением рельеф которой подлежал уточнению. той, Процесс интерпретации повторялся в отмеченном выше порядке. На третьем этапе с компьютерных производилась помощью программ окончательная корректировка глубин залегания изучаемой поверхности. В качестве опорных горизонтов использовались данные глубокого бурения (для фундамента) и ГСЗ (для нижних горизонтов земной коры).

Составление моделей рельефа плотностных границ осуществлена в среде автоматизированной системы обработки потенциальных полей АСОМГ, разработанная под руководством В. Б. Петровского (2011 г)., позволившая аппроксимировать эти модели схемами изогипс верхних и нижних кромок внутрикоровых плотностных объектов. Последовательность операций моделирования включала:

1. Создание исходной базы данных и формирование банка данных цифровых пакетов и файлов геолого-геофизической информации.

2. Решение прямой задачи гравиразведки (вычисление теоретических аномалий Gt от плотностной модели.

3. Вычисление разностного поля Gr=Gb-Gt, где Gb – исходная интерпретируемая, Gt – рассчитанная составляющие гравитационного поля.

4. Выделение из разностного поля фоновой составляющей Gf и вычисление нескомпенсированных аномалий Gns=Gr-Gf.

5. Корректировка модели на основе нескомпенсированных аномалий.

6. Все процедуры выполняются многократно, пока не достигаются минимальные значения нескомпенсированных аномалий.

Таким образом, процесс построения структурных схем глубинных слоев для каждой границы раздела производился в интерактивном режиме. При этом в зависимости от объема и качества базовой (сейсмической, ГСЗ) информации существовала определенная специфика в построении карт для каждой поверхности раздела.

Интерпретация магнитного поля для изучения глубинного строения земной коры до настоящего времени имеет дискуссионный характер. До сих пор обсуждается проблема о целесообразности и роли магнитометрии на геотраверсах. Это объясняется тем, ЧТО разрешающая способность сейсмических методов до последнего времени не позволяет выделять в разрезе коры магнитоактивные объекты в связи с компактностью их форм и магматической природой. Магнитные аномалии от глубинных объектов зачастую не имеют и аналогов в гравитационном поле. Внутрикоровые глубинах 7-34 магнитоактивные объекты, залегающие на км. В гравитационном поле не отмечаются в связи с тем, что по плотностным параметрам (2,85–2,89 г/см3) они не отличаются от вмещающих толщ [38].

К примеру, при составлении магнитной модели вдоль геотраверса «Битум» апробирована программа «Моделирование геомагнитного разреза методом автоматизированного подбора» (Корчагин, Хайкельсон, 2007). Алгоритм, реализованный в программе, предусматривает подбор изолированных источников на базе монтажного метода В. Н. Страхова и метода скорейшего спуска. Подбор модели осуществляется в автоматическом режиме, исходное поле задано одновременно на нескольких уровнях в верхнем полупространстве. Результаты моделирования показали, что программа имеет большие интерпретационные возможности, но для ее массового применения необходимо разработать соответствующее методическое обеспечение, ориентированное на проблему глубинных исследований [6].

В процессе комплексной интерпретации и геофизических данных при изучении глубинного строения района исследований использованак арта, условно названная главной магнитоактивной поверхностью (ГМАП) Прикаспийской впадины, которая увязывается с нижней границей наиболее магнитоактивной части осадочного разреза [121]. Стратиграфически, большинство исследователей, связывают эту границу с поверхностью кристаллического фундамента, но ГМАП может оказаться как выше нее (если в осадочном чехле присутствуют магнитные породы), так и ниже (если фундамент сложен маломагнитными образованиями, особенно в верхней его части) (рисунок 3.19).



шкала относительных магнитных свойств

#### 4 4 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Рисунок 3.19 – Карта магнитных свойств главной магнитоактивной поверхности (ГМАП) (НПЦ «Геокен» 2011)

Отклонения ее от надежно идентифицированной другими методами поверхности фундамента также могут служить ценной информацией для интерпретатора, говорящей о вещественном составе пород разреза и их распространении по площади и глубине. На большей части площади глубины главной магнитоактивной поверхности лежат в области подсолевых горизонтов, выявленных сейсморазведкой.

В свете вышесказанного магнитное поле анализировалось в комплексе с гравитационным полем только для изучения внутренней структуры кристаллического фундамента.

Основными вопросами, возникающими при структурно-тектоническом районировании фундамента, являлись:

1. Определение блоков и объединяющих их структурно-формационных зон, различающихся возрастом консолидации и геологическим строением фундамента.

2. Выделение зон глубинных разломов, разграничивающих разнородные блоки и установление основной системы разломов, определяющих внутреннюю структуру блоков.

3. Выделение магматических комплексов, характерных для каждой структурно-формационной зоны и выяснение их геологической природы и вероятного возраста магматической активности.

При изучении неоднородности фундамента на основе совместного районирования гравитационного и магнитного полей анализировались:

1. Общий характер региональных составляющих полей и их взаимоотношение — зоны положительных региональных полей, зоны градиентов значений  $\Delta g$  и  $\Delta T_A$ , переходные зоны градиентов и др. В качестве первого приближения для выделения блоков фундамента выделялись участки региона с устойчивыми характеристиками регионального гравиметрического и магнитного полей и определенным типом их соотношения.

2. Характер насыщенности каждого выделенного блока магнитными и гравиметрическими аномалиями по картам локальных составляющих полей. Обычно различные блоки характеризовались определенным преобладающим типом локальных аномалий по параметрам их интенсивности, знака и размерам в плане.

Окончательные границы блоков устанавливались на основании выделения ограничивающих их разломов, имеющих глубинную природу и длительную геологическую историю развития.

Основными признаками для выделения разломов служили:

1. Наличие резких зон градиентов и ступеней в аномальных гравитационном и магнитном полях.

2. Резкие ограничения (срезания) аномалий или резкая незакономерная смена знаков высокоамплитудных аномалий вдоль линий простирания их однородных цепочек и т. д. [127, 128].

Для выделения глубинных тектонических нарушений использован комплекс геофизических данных.

В сейсмологическом разрезе в явном виде разломы не выделены. Отмечены лишь границы между смежными блоками, в которых наблюдается резкое различие в значениях скоростей продольных и поперечных волн.

Анализ гравитационного поля показывает, что эффект от поверхности М и других глубинных границ в явном виде в нем не просматриваются. Объясняется это тем, что указанные эффекты существенно затушевываются мощными аномалиями от высокоплотных внутрикоровых объектов метаморфогенной природы, пространственно приуроченных большей частью к гранитно-метаморфическому слою. В связи с этим предполагаемые тектонические нарушения, выделяемые обычно в наблюденном поле по градиентным зонам, не могут в большинстве случаев прослеживаться глубже гранитного слоя. Разломы более глубокого заложения возможно выделить лишь на основе разработки объемной модели. Так, тектонические нарушения, заложенные в интервале глубиной 45–15 км, прослежены по схеме изогипс, освещающим строение поверхности М и нижних кромок внутрикоровых объектов. Разломы, распространенные в пределах гранитно-метаморфического слоя, выделены по схеме изогипс верхних кромок внутрикоровых внутрикоровых плотностных объектов.

Вертикальные границы, ограничивающие на сейсмогеологическом разрезе блоки с разными значениями скорости упругих волн, совмещаются с разломами, выделенными с помощью плотностной модели.

Для основных разломов внутри блоков фундамента, кроме указанных признаков, характерно расположение однородных по характеристикам аномалий вдоль протяженных линий (иногда с кулисообразным смещением) и приуроченность их к определенным формам рельефа фундамента – обычно к зонам узких грабенов или, наоборот, относительно пологих депрессий.

Конкретное местоположение зон разломов определялось на основании тщательного сопоставления всех вышеперечисленных признаков по полям различной природы. При наличии данных сейсморазведки место проведения разломов согласовывалось с характером изменения рисунка сейсмической записи на различных временных интервалах. В других случаях разломы проводились по зонам наибольшего градиента аномальных полей (гравии-, магниторазведки). Для этого использовались анизотропные трансформации полей, по которым линейно вытянутые градиентные зоны выделяются отчетливо.

При выделении магматических комплексов и установления ИХ геологической природы по магниторазведки специально данным И рассчитанного аномального гравитационного поля учитывались знак и интенсивность аномалий, их взаимные соотношения для разнородных методов, глубина залегания верхних кромок магнитовозмущающих тел и приуроченность определенным структурно-формационным К зонам фундамента и его гипсометрическому положению. Весьма ценными явились данные бурения и результатов магниторазведки в области Карабогазского свода и Песчаномысско-Ракушечной структурной зоны, где вскрыты гранитные интрузии (скважины: Оймаша, 9; С. Ракушечная 6, 15; Ю. Аламурун, 1 и др.). При определении литологии и возраста предполагаемых вулкано-плутонов и эффузивов использованы геологические данные керна скважин, в которых описаны эффузивно-осадочные породы палеозоя и триаса.

Решающий вклад в разработку объективных моделей глубинного строения нижних горизонтов земной вносят результаты глубинных геофизических исследований по геотраверсам., которые позволяют выделить в земной коре и верхней мантии структурные неоднородности, играющие важную роль в изучении геологического строения региона [98,129-132].

Геофизические подтверждая данные, основные закономерности тектонического строения земной коры, установленные геологическими исследованиями, позволяют оценить их количественно. Как уже отмечалось исследуемый район охвачен густой сетью региональных сейсмических профилей и геотраверсов, достаточно освещающих структуры земной коры и границу верхней мантии (см. рисунок 3.4). На геотраверсах применено большое разнообразие методов: геофизические. геологические. аэрокосмические, большинство их них выполняется в полосе шириной 100 км. В результате геотраверсы обеспечиваются первоклассной сейсмической основой.

При анализе исходных сейсмологических разрезов no линиям геотраверсов анализировались: сейсмологические границы земной коры (поверхности кристаллического фундамента, М и др.); глубины ДО преломляющих и отражающих границ, полученные по данным продольных и поперечных волн; глубины до границ обмена; значения скоростей продольных и поперечных волн и их отношений; точки с содержанием кремнезема в весовых процентах [133]. Анализ исходного сейсмического разреза направлен, прежде всего, на изучение статистической структуры поля скоростей, выделение в последнем региональной и локальной составляющих. На основе этого, а также с привлечением знаний о параметрах типовых физических моделей земной коры составлялась скоростная модель нулевого приближения. В результате были выведены толщи рыхлых образований и осадочных отложений, а также основные слои консолидированной земной коры: гранитно-метаморфический, промежуточный и гранулит-базитовый. Два последних слоя разделены мощным и протяженным волноводом. Далее исходное распределение скорости продольных волн в каждом основном слое обработано статистически. Среднее (модальное) значение принято в качестве скоростной характеристики основного слоя, локальные отклонения внутрикоровых объектов. Приповерхностные объекты (глубины 0-5 км) в сейсмическом разрезе не отмечались. Построенная таким образом скоростная модель, аппроксимированная в виде основных слоев и блоков в них, явилась базой для составления плотностной модели нулевого приближения. По сбалансированной плотностной модели корректировались параметры скоростной модели. Эти результаты легли в основу создания 3D Р-скоростной модель земной коры и верхней мантии Прикаспийского региона. При создании 3D модели все данные собираются в куб. Исходные данные по региону задаются в виде профилей, представляющих собой ломаные на поверхности параллелепипеда, совпадающие с положением профилей (см. рисунок 3.3) на поверхности нулевого гипсометрического уровня региона. На каждом профиле через 20км заданы значения V<sub>p</sub> по разрезу, проходящему через него. При этом задаются название (код) профиля, шаг дискретизации и координаты точек начала, изломов и конца профиля на поверхности и по глубине разреза в км. Под слоем понимается сечение куба, представляющее собой прямоугольный массив данных. Для каждого слоя по заданным сечениям

профилей и значениям  $V_p$  на них строится равномерное распределение  $V_p$  в узлах линейной прямоугольной сетки с шагом 20х20 км. При этом применялся алгоритм аппроксимации заданных значений  $V_p$  с использованием стандартного программного средства SURFER, широко применяемого при картографическом отражении геофизических полей [101].

Полученная таким образом объемная цифровая модель V<sub>p</sub>, может быть, представлена в виде срезов на характерных гипсометрических уровнях, серией чередующихся разрезов в любом направлении или набором структурных схем характерных скоростных уровней. Среди названных, в зависимости от решаемой задачи, предпочтительным является такое представление, которое позволяет наилучшим образом проследить изменение скоростной структуры исследуемой среды по глубине или по латерали на фиксированных гипсометрических уровнях. Кроме того, с учетом имеющегося программного арсенала центра геодинамических исследований института Сейсмологии РК, возможно аксонометрическое представление объемной модели в различных а также ее совмещение с объемным или поверхностным ракурсах, распределением других геофизических параметров [132,134]. В качестве первоочередной формы иллюстрации данных профиль1аизбрана серия параллельных разрезов, пересекающих наиболее важнейшие тектонические элементы Прикаспийского региона с юго-запада на северо-восток. Это профили 0a, 0c, 1, 1a, 2, 2a, 3, 3a и 4, примерно в крест простирания пересекающие структуры Прикаспийского региона (см. рисунок 3.4, 3.20).



Рисунок 3.20 – Скоростные интерпретационные разрезы, полученные из Рскоростного куба

Наиболее полным представлением Р-скоростного куба является набор структурных схем скоростных уровней 5.6, 6.0, 6.4, 6.8, 7.2 и 8.0 (рисунок 3.21-3.23).



Рисунок 3.21 – Структурная схема Р-скоростного уровня: а) 5,6 км/с; б) 6,0 км/с



Рисунок 3.22 – Структурная схема Р-скоростного уровня: a) 6,4 км/с; б) 6,8 км/с



Рисунок 3.23 – Структурная схема Р-скоростного уровня: а) 7,2 км/с; б) 8,0 км/с

Для осуществления тектонического районирования земной коры с учетом полученных новых результатов по ее скоростной структуре, разработаны цифровые модели мощности ее основных слоев (литологических или петрофизических комплексов).

В сейсмологическом разрезе кровли внутрикоровых объектов на значительной части профилей МОВЗ-ГСЗ отмечены границей обмена волн. Результаты сравнения построенной таким способом схемы глубин поверхности М с данными о границе М только по пяти геотраверсам методом МОВЗ-ГСЗ, выполненные на площади южного борта Прикаспийской впадины, дали среднеквадратичную ошибку ±1,9 км. Это указывает на правомерность предложенного подхода построения поверхности М и других глубинных границ по комплексным грави-сейсмическим данным (Рисунок 3.24).



Рисунок 3.24 – Модель глубинного строения по геотраверсу ГСЗ Краснодар-Эмба: А – фрагмент разреза отношения скоростей Vp/Vs с отражающими границами по данным МОГТ, В – фрагмент временного разреза по профилю

МОГТ [Кузин А.М., 1994, 2004]

В состав плотностной модели внутрикоровых объектов отнесены аномалиеобразующие тела, осложняющие строение основных слоев земной коры (главным образом гранитно-метаморфического). Верхние кромки объектов варьируют на глубинах 2-22 км, вертикальные мощности составляют 8-15 км. Внутрикоровые объекты залегают ниже протерозойского фундамента (кровли консолидированной земной коры), сложены, очевидно, во-первых, сильнометаморфизованными породами, плотность которых меняется в пределах 2,69-2,73 г/см3, в зависимости от глубины их залегания, во-вторых, породами гранитогнейсовых куполов с плотностью 2,69–2,73 г/см<sup>3</sup>. Эти структуры характеризуют строение докембрийского сиалического цоколя. В магнитном поле они отображения не находят.

На основе комплексного анализа результатов карты наблюденного теплового потока (Tn)и двумерной скоростной (плотностной) модели уточнялась геометрическая модель отдельных глубинных объектов. Сведения о теплопроводности горных пород земной коры заимствованы из литературных источников.

Модель теплогенерации (Тг) земной коры составлена на основе

использования эмпирической зависимости из работы украинских геофизиков [123]:  $T_{2} = 1,4 \exp 1,25 (6 - Vp)$ , где  $V_{p}$  – скорость продольных сейсмических волн км/с.

Фоновый тепловой поток земной коры (Тпк) рассчитан как сумма произведений мощности каждого основного слоя на значение теплогенерации этого слоя. Фоновый тепловой поток мантии (Тп<sub>м</sub>) принят равным 11 мВт/м2.

В результате теплового потока аномалий (Tп<sub>a</sub>) вычислен как

 $T_{na} = T_{\Pi \ ha\delta} - (T_{\Pi \kappa} + T_{\Pi M}).$ 

Двумерная модель распределения глубинных температур разработана на основе пакета одномерных моделей, расположенных равномерно вдоль профиля, по формуле:

 $Ti = Ti - 1 + \frac{TII - TFi \cdot \Delta Z}{\lambda i} \Delta Z$ , где  $\lambda i$  – теплопроводность пород i-го слоя мощностью  $\Delta Z$ . При этом приняты следующие значения теплопроводности: для гранитно-метаморфического слоя – 2,5 Вт/°С, промежуточного 2,0, гранулит-базитового – 1,7.

В результате в разрезе земной коры выявлена обширная аномалия температур, максимальное значение которой (1000°С) находится в районе границы М. Интервал 600-1000°С совмещается с блоком коромантийной смеси и частично с волноводом.

### Выводы

1.При реконструкции глубинных структур нижних частей земной коры, за основу приняты данные ГСЗ и МОВЗ-ГСЗ, увязанные с основными параметрами гравитационного, магнитного (масштабов 1:500 000) и теплового полей, а при изучении верхних горизонтов использованы результаты экспериментальных сейсмических исследований методом отраженных волн (МОВ, МОГТ), выполненные в большом объеме в масштабе 1: 200 000. В результате этих комплексных исследований были выявлены многочисленные субгоризонтальные и пологонаклонные отражатели в консолидированной земной коре на глубинах от нескольких километров до границы М.

2. Использованная схема обработки материалов трехкомпонентных комплексных наблюдений МОВЗ-ГСЗ, разработанная в институте Сейсмологии МОН РК, дает возможность получать информативные модели коры с высокой надежностью. Опыт ее применения на территории Казахстана указывает на мозаичное строение верхней части коры. В нижней части коры эти неоднородности проявляются, значительно увеличиваясь в размерах по горизонтали. Отмеченная закономерность в полной мере относится к волноводам.

Разная форма изолиний скорости и соответственно блоков коры в ее верхней и нижней части с высокой степенью вероятности указывает на большое количество зон разломов в верхней части коры, примерно на половине ее мощности они в основном исчезают, а отдельные оставшиеся выполаживаются. Проникновение их в нижнюю часть коры и тем более к ее подошве можно допустить только в редких случаях.

Полученные модели, не согласуются с ранними построениями, базирующимися на волнах, преломленных от субгоризонтальных границ раздела. Это весьма широко распространенный случай с ошибочной интерпретации волнового поля, приводящий к ошибочным моделям. Указанное обстоятельство приводит к весьма негативным оценкам возможности использования обобщениях сейсмических данных ДЛЯ моделирования глубинного разреза, т.к. полученные в разные годы путем применения самых разнородных сейсмических данных ДЛЯ создания базируются на интерпретационных моделей, постоянно меняющемся представлении 0 волновом поле. Единственным выходом является переинтерпретация материалов с учетом современных представлений о глубинном строении и достижений сейсмометрии. Сегодня это достигнуто при обработке материалов МОВЗ-ГСЗ, полученных на территории юговостока Казахстана. Задача построения объемной модели литосферы Казахстана на геодинамической основе по комплексу геолого-геофизических данных является близкой к реальной.

3. В процессе физико-геологического моделирования широко использовали сейсмические материалы в виде двумерных структурноскоростных моделей, в связи с их высокой геологической эффективностью, поэтому предлагается сейсмические материалы по геотраверсам дополнительно обрабатывать по названной методике и их геологическую интерпретацию вести на основе сейсмогеологических и структурноскоростных разрезов. Методика сформирована на основе комплексирования приемов обработки материалов (отраженные и обменные волны) с учетом достижений последних лет в области решения обратных и прямых задач рефрагированных волн.

Исходной информацией при этом с учетом трехкомпонентных наблюдений МОВЗ-ГСЗ или ГСЗ являются годографы рефрагированных и отраженных волн Р и S и временные разрезы волн PS. Принципиально важным и наиболее ответственным этапом этой интерпретационной модели является способ трансформации наблюденных годографов рефрагированных волн в поле значений истинных скоростей в плоскости разреза.

Степень достоверности построения разреза в линиях равных скоростей зависит от решения обратной задачи. Наибольшие значения среднеквадратических отклонений (до 0,3 км/с) характерны для верхней части разреза. По мере увеличения глубины они уменьшаются до 0,15 км/с. Среднее отклонение – 0,18–0,22 км/с.

4.Уточненныю решением прямой задачи двумерные структурноскоростные модели коры, полученные по описанной выше схеме обработки, являются хорошей отправной основой для создания исходных плотностных моделей, которые аналогично доводятся до удовлетворительного вида итеративным решением прямой задачи гравиразведки с использованием карт наблюденного поля. Наличие карт наблюденного поля в отличие от сейсморазведки дает возможность решения прямой задачи в трехмерном варианте, если это обеспечивается достаточной плотностью профилей ГСЗ-МОВЗ. Полученные плотностные и структурно-скоростные модели являются весьма информативными для геологической интерпретации.

5.Сейсмические исследования сопровождались анализом результатов магнитометрических и гравиметрических наблюдений, позволившие установить блочное строение отдельных горизонтов земной коры, выявить глубинные разломы, зоны проявления вулкано-магматических комплексов.

6.Моделирования с привлечением результатов ГСЗ по другим регионом Казахстана позволил создать методику комплексного анализа геофизической информации применительно к изучению тектоносферы [6]. Прикаспийского региона. Однако, опыт физико-геологического моделирования на основе геотраверсов показали, что разработанные ранее методические приемы интерпретации в рамках каждого геофизического метода и комплекса в целом требуют существенной корректировки на базе современных теоретических концепций и широкого применения современных компьютерных технологий [135].

7.Полученные взаимосогласованные на количественной основе плотностные характеристики земной коры и верхней мантии Прикаспийского региона в совокупности со скоростными параметрами образуют новый информационный уровень, позволяющий обеспечить корректное формирование моделей глубинных структур.

# 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Фактическим материалом для настоящего раздела послужили данные, полученные в результате обобщения, систематизации и анализа опубликованных, фондовых и производственных геофизических материалов по южному борту Прикаспийской впадины, включающие:

1. Карту локальных аномалий силы тяжести Республики Казахстана, масштаб 1:2 000 000 (Даукеев С.Ж., Шнейдер И.Ю., Воцалевский Э.С., Киселев А.Л. и др. 2000);

2. Сводные гравиметрические карты и карты трансформаций поля силы тяжести Прикаспийского региона 1:200 000-1:1 5000 000 (Акчулаков У.А.Коврижных, Шагиров и др. 2012);

3. Карту ∆Т, охватывающая северную части Каспийского моря (Глумов, Маловицкий, Новиков, Сенин, 2004);

4. Карту аномального магнитного поля ∆Та Казахстана масштаба 1:1 500 000. (Кувшинов М.Б., Бекжанов Г.Р., Сердюков Н.К., Григорьев В. Н. и др. в 1972);

5. Карту аномального магнитного поля ∆Та Казахстана масштаба 1:1 000 000 (Ужкенов Б.С., Нусипов Е.Н., Игнатюк О.В. 2001)

6. Карту магнитного поля и их трансформанты в пределах Казахстанской части южного борта Прикаспийской впадины в масштабе 1: 200 000 -1 500 000 (Киинов Л., Исказиев К., Каримов С.; Коврижных П., Шагиров Б.Б. 2014)

**7.** Материалы региональной сейсморазведки (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, профильная томография).

8. Результаты сейсмоскоростного моделирования и сейсмотомографических исследований.

# 4.1 Анализ гравитационного поля

При изучении особенностей региональных гравитационных аномалий Казахстана для выявления плотностных неоднородностей нижних частей земной коры и верхней мантии получены трансформации регионального гравитационного поля Казахстана путем пересчета исходного поля на высоту 150 км и его последующих преобразований методом линеаризации. В итоге построены две карты: аномалий I и аномалий. II порядка [117, 78].

Зональные аномалии первого порядка характеризуют неоднородности мантии ниже уровня 150 км, а второго порядка, освещают глубины выше этого уровня. Полученные данные увязывались с материалами мировой сейсмотомографии и результатами профильной сейсмотомографии, впервые разрабатываемой в Казахстане В.И. Шациловым [136].

Гравитационные аномалии I порядка условно подразделяются на два подтипа, первый из которых характеризует центральную и западную части Казахстана, второй – юго-восточную и южную. Эти аномалии

характеризуются "перекосом" регионального гравитационного поля с резким снижением его интенсивности в юго-восточном направлении.

B запалной части Казахстана установлено несколько крупных региональных аномалий I порядка. Две из них положительного знака - Актау-Карабогазская и Кашаганская - приходятся на акваторию Каспийского моря. Первая охватывает восточную часть моря и залив Кара-Богаз-Гол, вторая – его северную часть. Кашаганская аномалия соединяется на востоке с Южно-Эмбенской расположенной северо-северо-восточнее И аномалией Δg Зеленокаменной полосы Урала. В число крупных региональных аномалий І также Хобдинский и Аралсорский входят гравитационные порядка расположенные над центральной частью Прикаспийской максимумы, синеклизы. Первая из них продолжает в меридиональном направлении полосу гравитационных аномалий акватории Каспийского моря. К северу от широты г. Уральска и государственной границы с РФ расположена еще одна региональная положительная гравитационная аномалия - Бузулукская, близ широтного направления, протяженностью свыше 550 км, шириной до 200 км, как бы оконтуривающая "мозаичное" гравитационное поле Прикаспийской впадины с севера. Между Уральской на востоке, Бузулукской на севере, Хобдинской в центре и Южно-Эмбенской на юго-востоке расположена отрицательная гравитационная аномалия I порядка – Илекская, обратной "Г"образной формы. Ее широтная ветвь (протяженностью свыше 700 км) параллельна северному борту впадины, а меридиональная (600 км) параллельна Уральскому хребту. Илекская гравитационная аномалия по аналогии с восточными районами Казахстана предположительно палеорифтовой соответствует внутриконтинентальной структуре палеозойского возраста с сателлитами мантийного диапира в основании. К югу от Южно-Эмбенского максимума расположена Западно-Аральская зональная аномалия II порядка, охватывающая значительную часть плато Устюрт [78,8].

С помощью низкочастотной фильтрации на площади Прикаспийской впадины и ее обрамления были подавлены локальные аномалии и выделено региональное гравитационное поле II порядка. Прикаспийской впадине в региональном гравитационном поле 2-го порядка соответствует область преимущественно отрицательных аномалий Буге, окруженная положительным полем силы тяжести. В ее пределах наблюдается мозаичное чередование локальных максимумов и минимумов, в то время как обрамляющие положительные поля характеризуются плавными формами. С запада рассматриваемый регион ограничен изометричным максимумом, восточная граница которого контролируется руслом реки Волги. На севере прослеживается широтная Волжско-Оренбургская линейная зона на региональных максимумов, ограниченная востоке Актюбинским минимумом, который соединяется меридиональным на севере с отрицательным гравитационным полем западного Предуралья (рисунок 3.9, 4.1).

Восточная граница четко обозначена линейной меридиональной полосой Урало-Мугоджарских гравитационных максимумов. Южная периклиналь аномалии слегка разворачивается на запад и имеет тенденцию к соединению с широтной Астраханско-Южно-Эмбинской зоной максимумов, ограничивающей рассматриваемый регион с юга. Два интенсивных региональных максимума, Аралсорский на западе и Хобдинский на востоке центральной части Прикаспийской впадины, разделяют отрицательное поле на несколько региональных минимумов, которые широкой кольцевой полосой обрисовывают внутреннюю область впадины.



Рисунок 4.1 – Карта региональных гравиметрических аномалий Прикаспийского бассейна и прилегающих районов по данным [106, 137] с дополнениями

Протяженная северо-западная зона региональных минимумов на востоке ортогонально сочленяется с широким Актюбинским минимумом меридиональной ориентации. На юге Волго-Уральского междуречья локализуется изометричный минимум, разделенный на два эпицентра. Североминимума, западная, наиболее интенсивная часть a юго-восточная приближается к береговой линии Каспия [138].

Региональное гравиметрическое поле исследуемого южного окончания Прикаспийской впадины, в целом тоже отрицательное. Максимумами силы тяжести отмечаются области перехода к Центрально-Прикаспийской депрессии и северный склон Тугаракчанского прогиба, включающий карбонатные массивы Приморской зоны. Область кряжа Карпинского и Бузачинского свода характеризуются крупными положительными аномалиями. Граница Южно-Эмбинского поднятия и Северного Устюрта сопровождается зоной линейно-вытянутых отрицательных аномалий, характеризующих наибольшее погружение фундамента консолидированной коры (см. рисунок 3.10).

Новые геолого-геофизические данные и развитие мобилизма в геологии разработке геодинамической модели привели к возникновения Прикаспийской впадины. Рихтером А. Я. (2003 г.) описана геодинамическая модель развития рассматриваемого региона, согласно которой Прикаспийская впадина образовалась у континентальной окраины Восточно-Европейской литосферной плиты в результате заполнения океанического бассейна возраста. Этот бассейн был изолирован осалками девонского придвинувшимися с востока горными сооружениями Уральского складчатого пояса, а с юга - надвиговыми структурами кряжа Карпинского и Устюртским блоком континентальной коры (Южно-Эмбинское поднятие) [109, 66, 139].

региональное гравитационное поле Сопоставляя с описанной геодинамической моделью Прикаспийской впадины и крупными структурами, обрамляющими её, отмечена их хорошую согласованность. Северо-западная бортовая зона впадины, являющаяся фрагментом древней материковой окраиной, Восточно-европейской литосферной плите, принадлежащей контролируется поднятием архейско-среднепротерозойского сейсмогеологического отображается Волжскокомплекса, которое Оренбурской зоной региональных максимумов [140].

Урало-Мугоджарская зона гравитационных максимумов обусловлена герцинскими горными сооружениями Уральского складчатого пояса. Эта зона положительных аномалий отделена от Оренбургского максимума Актюбинским региональным минимумом меридионального простирания, Новоалексеевский отображает здесь прогиб, связывающий который Прикаспийскую впадину с Бельской зоной Предуральского краевого прогиба [138, 141].

Надвиговые структуры кряжа Карпинского И Южно-Эмбинское палеозойское поднятие, ограничивающие Прикаспийскую впадину с юга, в гравитационном поле отображены широтной Астраханско-Южно-Эмбинской зоной региональных максимумов. Хобдинский И Аралсорский гравитационные максимумы связываются с утонением гранитного слоя и полной заменой его на аномальных участках базальтовым слоем. В связи с выделением на всей площади впадины геофизического слоя переходного состава (между гранитным и базальтовым), есть основание предполагать, что в пределах рассматриваемых региональных максимумов слой переходного состава полностью замещен базальтовым [109].

Карта внутрикоровой составляющей поля силы тяжести (см. рисунок 3.10а) характеризует внутреннюю структуру консолидированной коры на глубину до 20 км. С этих позиций представляют первостепенный интерес высокие значения положительных аномалий линейной структуры Урала и изометричной Хобдинской во внутренней зоне Прикаспийской впадины, а также контрастное сочленение Урала с прогибом на его границе с Прикаспийской впадиной и структур Копетдага с его северо-западным продолжением с линейным минимумом, обрамляющим их с юго-запада. Отмеченные особенности поля свидетельствуют о том, что аномалия образующие деструктивные элементы этих структур сосредоточены в основном внутри консолидированной коры.

Карта горизонтальных градиентов подошвы земной коры (рисунок 4.2) выделяет сквозь коровые деструктивные зоны, глубоко проникающие в верхнюю мантию, более детально и достоверно отображая структуры границы, разделяющей кору, верхнюю мантию и прилегающие к ним объемы, по сравнению с возможностями результатов интерпретации регионального поля силы тяжести, соответствующего этому гипсометрическому уровню.



Рисунок 4.2 – Карта горизонтальных градиентов поля силы тяжести подошвы земной коры Прикаспийской впадины (фрагмент)

Интенсивные зоны горизонтальных градиентов регионального поля Прикаспийского региона контролируют структуры Большого Кавказа, расположенные за пределами исследуемого региона, с неослабевающей интенсивностью продолжающиеся на юго-восток до середины акватории Каспия и затухают вблизи Красноводской зоны. Далее на юго-восток линейная аномальная зона возобновляется в пределах Копетдага. Менее контрастная и ограниченная по длине аномалия градиентов обрамляет с северо-запада Мугоджары, фиксируя их структурное внутримантийное разделение от Урала. Маловыразительные меридиональные линии градиентов в зоне Южного Урала (на северо-востоке планшета) свидетельствуют о том, что его деструктивные зоны сосредоточены в основном в консолидированной коре, быстро затухая в верхней мантии.

В пределах Прикаспийской впадины выделяется серия субширотных аномалий (наиболее интенсивная линейных цепочек умеренных И протяженная из них проходит вдоль северного берега Каспия), вдоль вала Карпинского и южнее плато Мангышлак по берегу моря. Все названные зоны имеют значение лля тектонического И геодинамического важное районирования исследуемой территории. Важнейшие из них упоминаются ниже во взаимосоотношении с зонами аномальных градиентов поля силы тяжести.

Карта градиентов внутрикоровой составляющей поля силы тяжести (рисунок 4.3). выделяет три зоны аномальных значений градиентов поля.



Рисунок 4.3 – Карта градиентов внутрикоровой составляющей поля силы тяжести Прикаспийского региона (фрагмент).

Максимальные значения наблюдаются вдоль субмеридиональных цепочек на северо-востоке, обрамляющих преимущественно внутрикоровые структуры Урала, имеющие, как отмечалось выше, слабовыраженное продолжение в мантию. Далее интересны изометричные структуры во внутренней зоне Прикаспийской впадины, совершенно не имеющие продолжения в мантии (см. рисунок 4.2). Это однозначно свидетельствует исключительно о внутрикоровой локализации аномалиеобразующих структурных элементов известных хобдинских и аралсорских выступов. Самая интересная аномальная зона, однозначно определяющая внутрикоровое расположение аномалия образующего объекта, расположена за пределами изучаемого региона на юге в Красноводской зоне.

Карта локальной составляющей поля силы тяжести (см рисунок 3.13) отображает деструктурные элементы приповерхностной части разреза коры до глубины 5-7 км. В Прикаспийской впадине это – соляные купола

(отрицательные изометричные аномалии) и отдельные элементы выступов консолидированной коры (положительные аномалии). Четкой цепочкой северо-западного простирания положительных аномалий выделяются структуры Мангышлака, прерывистой цепочкой близ меридионального простирания в северо-восточном углу планшета – структуры Урала. Те и другие связаны с верхними выступами консолидированной коры, в основном контролирующимися на карте внутрикоровой составляющей поля Δg (см. рисунок 3.12). Оставшаяся часть локальной составляющей поля силы тяжести маловыразительна и не представляет большого интереса для выделения и ранжирования внутрикоровых деструктивных элементов.

Карта градиентов локальной составляющей поля силы тяжести (рисунок 4.4) имеет максимальные значения, прежде всего, в пределах Прикаспийской впадины, констатируя приповерхностный характер солянокупольной изометричной тектоники. То же имеет место на линейно вытянутой в северо-западном направлении цепочке аномалий мангышлакской структуры, несколько затухающих в пределах плато Устюрт. Заслуживает внимания высокое значение градиентов локальной составляющей поля в Мугоджарах, по-видимому, отображающее повышенную контрастность их приповерхностных структур фундамента относительно южного Урала.

Более углубленный анализ данных в настоящих исследованиях дополнен использованием материалов высокоточных карт гравитационного поля юга Прикаспийской впадины. На картах, полученных по результатам съемки высокоточной гравиразведки (ТОО НПЦ «Геокен, 2012) минимумы и максимумы локальной составляющей гравитационного поля Прикаспийской впадины имеют соизмеримые амплитуды, размах которых варьирует от нескольких до многих десятков мГл. В широких пределах меняются и плановые размеры аномалий – от нескольких единиц до многих сотен километров. Конфигурации квадратных аномалий В плане весьма разнообразны: от простой овальной до замысловатой амёбообразной, от линейной, вытянутой на многие десятки километров, до дугообразной и даже кольцевой. Общее число локальных минимумов в Прикаспийской впадине в зависимости от применяемых параметров фильтрации колеблется от 1 200 до 1 700. Аналогично и число 4максимумов [138,142].

Анализ структуры гравитационного поля позволил составить схему районирования локальных аномалий силы тяжести (Коврижных П.Н., Воскобойников Д.М., Шагиров Б.Б., 2011).



Рисунок 4.4 – Карта градиентов локальной составляющей поля силы тяжести Прикаспийского региона (фрагмент)

Прикаспийская впадина разделена на зоны, отличающиеся по амплитудам, размерам в плане конфигурации и другим характеристикам локальных аномалий силы тяжести и включает:

- о Центральную зону крупных высокоамплитудных аномалий;
- о Волгоградско-Уральскую зону линейных минимумов;
- о Северо-западную зону аномалий средней интенсивности;
- о Жамбейтинскую зону аномалий неупорядоченной ориентации;
- о Жекендысай-Шингизскую зону меридиональных минимумов;

о Нижневолжско-Североморскую зону аномалий средней интенсивности;

- о Астраханско-Эмбинскую зону малоамплитудных аномалий;
- Актюбинскую зону линейных аномалий;
- о Зону аномалий Предуральского прогиба.

Вдоль южной и юго-восточной границы Прикаспийской впадины от Астрахани через северную акваторию Каспия до Северной Эмбы локальные аномалии характеризуются пониженной интенсивностью, их ориентация в некоторой степени контролируется простиранием границы Прикаспийской впадины. Между этой зоной и Центральной областью высокоамплитудных аномалий локальные аномалии характеризуются амплитудами средней интенсивности. Эти аномалии начинаются с низовий Волги и, охватывая северную акваторию Каспия, прослеживаются в северо-восточном направлении до р. Уил. Структура поля локальных аномалий здесь неоднородна (рисунок 3.13, 4.5). На юге выделяется Нижне-ВолжскоСевероморская зона, в пределах которой гравитационные минимумы объединяются в аномалии различной ориентировки, при этом преобладает два направления – субширотное, параллельное границе впадины, и ортогональное к ней. В пределах некоторых аномалий оси меняют ориентацию под прямым углом, нередко локализуются небольшие по площади обособленные изометричные минимумы. На востоке Нижне-Волжско-Североморская зона сочленяется с упоминавшейся ранее Сагизской.

Сложность непосредственного использования карт наблюденного основных районах нефтегазонакопления гравиметрического поля В Прикаспийского бассейна осложняется влиянием соляно-купольной тектоники. Использование трансформации гравиметрического поля, полученные обработкой известными способами карт  $\Delta g$ , охватывающих большие территории, позволило исключить аномалии, обусловленные куполами получить информацию соляными И для регионального районирования. В итоге на схеме гравитационных аномалий четко установлены зоны максимума силы тяжести аномалий  $\Delta g$ : Кашаган-Каратонская, Южно-Эмбинская, Бозашинская и Восточная зона максимума силы тяжести, возможно связанные со глубинными структурными блоками развития карбонатных комплексов (рисунок 4.5).



1-изолинии аномальных значений поля ∆g(мГл), 2-границы аномалий, 3-зона обратного аномального эффекта (Тенгиз), 4- аномалии пониженного гравитационного поля, 5-аномалии повышенного гравитационного поля. Аномалии: I- Кашаган-Каратонская, II-Южно-Эмбинская, III- Бозашинская, IV-Восточная, V-Приморско-Сарыниязкая, VI-Коксаздинская, VII-Имашевско-Кобяковская, VII-Северо-Каспийско-Жамбайская, IX-Кошалакско-Дараймолинская, X-Карабауская, XI-Северо-Эмбинская



## 4.2 Анализ магнитного поля

При анализе магнитного поля и установления связи магнитных аномалий с глубокими горизонтами земной коры юга Прикаспийской впадины использованы новые построения по результатам магнитометрической съемки Прикаспийской впадины, выполненные геофизической компании НПЦ (Б.Б.Шагиров, П.Н.Коврижных, Воскобойников Д.М. и др., в «ГЕОКЕН» «Комплексное изучение осадочных бассейнов рамках программы Казахстана»,2009-2012гг.). Для построения сводной цифровой модели магнитного поля использованы исходные данные различного вида – архивные цифровые записи квантовых и протонных аэромагнитометров работ конца 80х - начала 90-х годов и более поздних, оцифрованные аналоговые записи аэромагнитных съемок 70-х - начала 80-х, оцифрованные данные с карт магнитного поля, чаще всего – с карт масштаба 1:50 000, и другие данные. На Прикаспийской материалов впадины основе этих для построены карты: аномального магнитного поля, аномалий оригинальные осей горизонтального градиента магнитного поля. карта глубин главной магнитоактивной поверхности (ГМАП), которая является верхней границей наиболее магнитоактивной нижней части разреза осадочного чехла [119].

На картах магнитного поля Казахстана площади, расположенные юго-западнее Уральского сегмента И Урало-Тянь-Шаньской западнее складчатой характеризуется мозаичным знакопеременным системы, низкоградиентным полем ( $\Delta T$ )а с довольно крупными по площади аномалиями относительно небольшой интенсивности. Магнитного поля вполне соответствует погребенному состоянию домезозойских комплексов Казахстана как структуре, находящейся в юго-восточной окраине Русской платформы [83].

Магнитное поле ( $\Delta T$ )а на большей части территории центральной части Прикаспийской впадины, имеет пониженные значения -50 ÷ -200 нТл в виде сложной крупной широтно-ориентированной аномальной зоны. Подобное понижение магнитного поля выделяется на северо-западе (Волгоградская и моноклиналей). Пониженными Оренбургская ЛО -180 нТл системы значениями отмечено Астраханское сводовое поднятие, зона понижения магнитного поля протягивается от него к северу и дугообразно – к северовостоку, к Новобогатинскому своду (см. рисунок 3.14-3.15). Понижениями ( $\Delta T$ )а до -300 нТл отмечена зона Новоалексеевского прогиба на северовостоке территории, это понижение в магнитном поле прослеживается к югоюго-западу 50-70-километровой полосой почти до побережья Каспия (пп. Макат - Сагиз – Байшонас). К западу от Новоалексеевского прогиба область пониженных значений ( $\Delta T$ )а выходит в зону Центрально-Прикаспийской депрессии. Район Кобландинской тектонической ступени и бортовой зоны Соль-илецкого блока в северо-восточной части впадины характеризуется знакопеременным низкоградиентным магнитным полем ( $\Delta T$ )а с аномалиями изометричной формы от -160 до +300 нТл размерами до 50 км (рисунок 4.6).

Наиболее интенсивная положительная аномалия дугообразной в плане формы свыше +400 нТл расположена в северной бортовой зоне впадины, к северо-востоку от г. Уральск, на её северо-восточном продолжении на территории РФ находится интенсивная изометричная аномалия свыше +1000 нТл размером 40 км, между этими двумя аномалиями вблизи границы с Россией расположено нефтегазовое месторождение Чинарёвское.



шкала раскраски изогипсов по комплексу параметров магнитного поля Разделение магнитного поля Прикаспийской впадины на области однородным по комплексу параметров (средней дисперсии и стандарт в скользящем окне) Рисунок 4.6 – Районирование магнитного поля Прикаспийской впадины (НПЦ «Геокен» 2011)

Область треугольной в плане формы на северо-востоке, соответствующая северной части Эмбенско-Актюбинской зоны дислокаций, ограниченная с востока складчатой системой Урала, с северо-запада отрицательной аномалией Ново-Алексеевского прогиба и её продолжением, с юга – параллелью 47°10', в магнитном поле отмечена ячеистой структурой из положительных и отрицательных аномалий с размерами от 10 – 20 до 40 – 60 км со средними градиентами до 35 – 40 нТл/км, наибольшей интенсивности (от -200 до +400 нТл) и горизонтального градиента (до 50 нТл/км).

*В южной части Прикаспийской впадины* области Аралсорской, Индерской и Миялынской тектонических ступеней отмечены сравнительно

спокойным низкоградиентным полем до -70 нТл. Для них характерны положительные изометричные аномалии интенсивностью до +150 нТл и линейные – размером 30-50 км, тяготеющие к дугообразному направлению. По характеру магнитного поля эта область чётко отделяется от расположенной южнее – Октябрьской, Кобяковской, Новобогатинской, Шукатской выступов и Атырауской системы поднятий, отмеченные повышенными значениями магнитного поля, с дугообразной полосой положительных аномалий интенсивностью до +400 нТл и шириной до 60 - 80 км, продолжающиеся в акватории Каспийского моря до дельты р. Волга.

Севернее от этой зоны магнитное поле характеризуется сравнительно спокойным низкоградиентным полем до -70 нТл, с положительными изометричными аномалиями до +150 нТл размерами 30-50 км, простирающиеся дугообразном на юго-запад, пересекая р. Урал и далее – на запад, вдоль параллели 48°. Эти положительные аномалии соответствуют Жайыкскому, Мынтобинскому, Кошалакскому и Азгирскому выступам фундамента (рисунок 4.7).



Условные обозначения. 1 – изолинии значений АМП, нТл; 2-месторождения углеводородов; 3-линия, обозначающая передний край геомагнитной ступени; 4-5 – области значений АМП: 4-пониженного, 5-повышенного

Рисунок 4.7 – Сводная карта распределения аномальног 1-о магнитного поля южной части Прикаспийской впадины [106]

По мнению большинства специалистов, региональная магнитная аномалия Прикаспия стратиграфически связывается с поверхностью кристаллического фундамента, но может оказаться как выше нее (если в осадочном чехле присутствуют магнитные породы), так и ниже (если фундамент сложен маломагнитными образованиями, особенно в верхней его части). На большей части площади, глубины главной магнитоактивной поверхности лежат в области подсолевых горизонтов, выявленных сейсморазведкой [35,106, 143].

Магнитометрическая модель поверхности фундамента, осложненная локальными формами положительного и отрицательного знака (приподнятые и опущенные блоки), имеет общую региональную тенденцию погружения к центру впадины. Четко фиксируемые мегаблоки (геоблоки), дифференцированные по особенностям структуры поверхности фундамента и ограничивающих их крупнейших разломов делятся системой радиальных нарушений на дополнительные блоки. К ним, в первую очередь, относятся Северо-Западный геоблок, Северный геоблок, Восточный геоблок, Южный геоблок, Центрально-Прикаспийский геоблок.

Такое магнитное поле в условиях больших глубин залегания магнитовозмущающих объектов подтверждает тектоно-блоковое строение полеозоид, включая принадлежность блоков к различным складчатым поясам и тектоническим системам Средиземноморской, Прикаспийской, Восточно-Европейской. Местоположение тектонических нарушений, разделяющих блоки, в магнитном поле не четкое, часть из них возможно протрассировать вдоль линий положительных аномалий горизонтального градиента, в некоторых случаях – по перерывам корреляции аномалий горизонтального градиента вдоль координатных направлений. При смене геологического строения северо-восточном направлении платформенного В от к (северо-восточнее геосинклинальному г.Уральск), т.е. В пределах приближения к дневной поверхности пород кристаллического фундамента, магнитное поле резко меняется на положительное при значительно более высоких градиентах и интенсивности до 440 нТл. В восточной части площади магнитное поле четко отражает смену геологического строения площади, т.е. переход от Прикаспийской впадины к складчатым структурам Южного Урала, сложенным разнородными по магнитным свойствам породами и рудными полезными ископаемыми.

Таким образом, использование данных магниторазведки позволяет понять геологическую природу физических аномалий, получить возможность уточнения глубин залегания, как поверхности фундамента, так и додевонской поверхности осадочного бассейна, выявить области отсутствия тех или иных осадочных комплексов. В характере магнитного поля нашли свое отражение зоны, приуроченные к изломам рельефа кровли магнитоактивных границ, разной контактам блоков пород с намагниченностью. Анализ магнитоактивной поверхности позволяет выявить систему линейных аномалий и, тем самым, картирует разрывные нарушения по подсолевой части разреза, выделяет элементы блокового строения промежуточного этажа и фундамента.

Результаты исследований использованы для уточнения геотектонического районирования основания осадочного чехла, уточнения положения крупных геотектонических элементов, а также возможности обоснования контуров отрицательных магнитных аномалий, пространственно

связанных с выявленными подсолевыми месторождениями нефти и газа для оценки перспектив нефтегазоносности по комплексу геолого-геофизических параметров.

Полученная информация требует комплексной интерпретации магнитометрических материалов с данными сейсмо и гравиразведки, а также бурения глубоких скважин, что позволит более обоснованно подойти к решению вопросов детализации и корректировки существующих схем структурно-тектонического районирования Прикаспийской впадины.

### 4.3 Р-скоростная характеристика глубинных слоев земной коры

Исходной информацией для формирования обобщенных Р-скоростных моделей явились опубликованные и фондовые материалы по глубинному строению Прикаспийского региона за период с 2004 года по настоящее время, а также результаты многолетних исследований Института Сейсмологии МОН РК, направленные на проведение сейсмического районирования, формирования сейсмического режима и оценки сейсмической опасности Казахстана.

На основе анализа объемной цифровой модели параметра Vp, получены скоростные срезы Vp на характерных гипсометрических уровнях земной коры, серии чередующихся разрезов в любом требуемом направлении, структурные схемы характерных скоростных уровней и карты мощности слоев между ними. Наиболее полное представление о характере изменения скорости и установления связи с неоднородностями литосферы дает набор структурных схем скоростных уровней 5.6, 6.0, 6.4, 6.8, 7.2 и 8.0 (см. рисунки 3.21-3.23).

Важнейшими, имеющие непосредственное отношение к строению земной коры, являются карты мощности слоев между скоростными уровнями 5,6 км/с и 6,4 км/с (сиалический комплекс консолидированной коры), между уровнями 6,4 км/с и 6,8 км/с (базитовый комплекс), между уровнями 6,8 км/с и 7,2 км/с (ультрабазитовый комплекс), между скоростным уровнем 7,2 км/с и подошвой земной коры М (коромантийная смесь) и между подошвой земной коры и скоростным уровнем 8,0 км/с в верхней мантии (активная мантия).

Схема скоростного уровня 5.6км/с (см. рисунок 3.21а) выбрана как наиболее близко отражающая границу раздела между осадочным (карбонатным или терригенным) палеозоем, который условиях В Прикаспийского региона необходимо включать в состав осадочного чехла, и эффузивно-осадочным и интрузивным палеозоем, который относится к гранулито-гнейсовому комплексу консолидированной коры в качестве ее верхнего слоя (скорость 5.6-6.0км/с), плотность 2.65г/см<sup>3</sup>). Эти данные дают представления об общих особенностях (по сравнению с данными детальной сейсморазведки) разделения структурной осалочного чехла И консолидированной коры на региональном уровне. По максимальным значениям изогипс этого скоростного уровня схема достаточно объективно

отображает области наибольшего погружения подошвы осадочного чехла в пределах Прикаспийской впадины на севере и Южно-Каспийской на юге. Остальные схемы по скоростным уровням от 6.0км/с до 8.0км/с (рисунки 3.22-3.23) на региональном уровне дают совершенно новую информацию о глубинном строении в пределах Прикаспийского региона, выгодно отличающуюся по дифференциации от результатов всех предыдущих обобшений. Скоростные уровни от 6.0км/с до 6.8км/с отображают внутреннюю структуру консолидированной коры, 7.2км/с и 8.0км/с – области локального распространения соответственно коромантийной смеси И активной мантии. Последние имеют важное значение при геодинамической интерпретации полученных результатов.

Активная мантия в Прикаспийском регионе имеет пониженные значения Vp<8.0км/с, а массивы с Vp=8.0-8.2км/с устойчиво прослеживаются в нижележащем слое на всей территории региона. Мощность этого слоя уменьшается с юга на север от 50км до 10км. В отличии от этих значений Vp, объемы подкоровой активной мантии юго-восточных платформенной и орогенной территорий Казахстана, характеризуются значениями Vp<8.2км/с, а нормальной – значениями Vp≥8.2км/с (рисунок 4.8).



Портися и прикаспийского региона по субмеридиональному разрезу В
[135]

Приведенные особенности Р-скоростной характеристики мантии (V<sub>p</sub> подкоровой активной мантии в Прикаспии <8.0км/с а, на востоке и юговостоке Казахстана <8.2км/с) необходимо учитывать при картировании активной мантии на всей территории Казахстана.

Для осуществления тектонического районирования глубоких горизонтов земной коры с учетом полученных новых результатов по ее скоростной структуре, разработаны цифровые модели мощности ее основных слоев (литологических и петрофизических комплексов) (рисунки 4.9-4.14). Структурной схеме скоростного уровня 5.6км/с отражает неоднородности мощности верхнего осадочного слоя земной коры (см. рисунок 3.21а),

поскольку разрез сверху начинается от нулевого гипсометрического уровня. Схема суммарной мощности сиалического комплекса консолидированной коры (рисунок 4.9), отражает горизонт заключенный между скоростными уровнями 5.6км/с и 6.4км/с и, состоящий из верхнего слоя эффузивноосадочных и интрузивно-метаморфических пород палеозоя и нижнего гранитогнейсового слоя метаморфических пород докембрия. Ниже по разрезу консолидированной коры следует базитовый комплекс (гранулито-гнейсовый слой), выделяемый между скоростными уровнями 6.4км/с и 6.8км/с (рисунок 4.10). Между скоростным уровнем 6.8км/с и подошвой земной коры М (рисунок 4.11) выделен ультрабазитовый комплекс (гранулит-базитовый слой) В сумме с коромантийной смесью. Характер изменения мощности ультрабазитового комплекса и коромантийной смеси представлены раздельно соответственно на рисунках 4.12-4.13. В мантии выделяется слой ее активной части между подошвой коры М и скоростным уровнем 8.0км/с (рисунок 4.14).



Рисунок 4.9 – Мощность сиалического комплекса консолидированной коры (между Р-скоростным уровнем 5,6-6,4 км/с)


Рисунок 4.10 – Мощность базитового комплекса консолидированной коры (между Р-скоростными уровнями 6,4км/с и 6,8км/с)



Рисунок 4.11 – Суммарная мощность ультрабазитового комплекса и коромантийной смеси консолидированной коры (между Р- скоростным уровнем 6,8 км/с и подошвой М)



Рисунок 4.12 – Мощность базитового комплекса консолидированной коры (между Р-скоростными уровнями 6,8км/с и 7,2км/с)



уровнем 7,2 км/с и подошвой М)



Рисунок 4.14 – Мощность активной мантии (между подошвой М и Рскоростным уровнем 8,0 км/с)

положение поверхности М (подошвы Гипсометрическое коры) Прикаспийского региона изменяется в широком диапазоне значений: от <32км до >56км. Наименьшая мощность земной коры выявлена в зоне юговосточного простирания, подстилающей структуры акваториальной части Терско-Каспийского прогиба северо-западе Средне-Каспийскона И Карагобазской антеклизы на юго-востоке. Далее зона продолжается на юг в сторону Южно-Каспийской впадины с незначительным увеличением мощности коры (на 2-4км).

Структура подошвы земной коры представляет наибольший практический интерес при изучении палеогеодинамического районирования юга Прикаспийской впадины, как одного из наиболее перспективного нефтегазоносного района Западного Казахстана. На рисунке 4.15 представлен результат обобщающих построений с учетом авторских данных Ю.А. Воложа, Г.В. Краснопевцевой, А.В. Егоркина, В.М. Пилифосова, И.В. Померанцевой, Р.Б. Сапожникова, В.А. Циммера, В.И. Шацилова, Е.Н. Нусипова.

Юг Прикаспийской впадины характеризуется аномально уменьшенной мощностью коры (до 34 км). В северной части акватории Каспия и его побережья, изолинии глубин характеризуются широтным простиранием и приурочены к Заволжско-Тугиракчанской системе прогибов. Большая часть территории региона характеризуется близкими к нормальным значениями мощности коры (38-42км) с отдельными локальными отклонениями в меньшую сторону (до 36 км).



Рисунок 4. 15 – Структура подошвы земной коры юга Прикаспийской впадины

Структура подошвы земной коры имеет многофункциональное фундаментальное значение для региональных тектонических и геодинамических построений в совокупности с картами потенциальных полей, современных движений, результатами геолого-геофизического моделирования глубоких горизонтов земной коры.

## 4.4 Моделирование литосферы вдоль региональных сейсмических профилей

В пределах площади южной бортовой части Прикаспийского впадины результаты 3D Р-скоростного и плотностного моделирования наиболее представительны для последующих комплексных интерпретаций и обобщений, поскольку, основаны на модельных построениях по достаточно большому количеству опорных разнонаправленных региональных профилей (геотраверсам) по полноте и достоверности, которые наиболее информативны.

Двумерные плотностные и структурно-скоростные модели в Северном Прикаспии построены по линиям региональных профилей, обеспеченные скоростными моделями по результатам ГСЗ, включающие: Волгоград-Челкар-Тургайский, Атрек- Сагиз- Абдулино, Эмба-Колпашево, Меридиан 50<sup>0</sup> (смю рис.3.4). Результаты моделирования иллюстрируются двумерными плотностными разрезами в сопровождении исходных Р-скоростных моделей.

### 4.4.1 Анализ скоростных характеристик региона

Анализ скоростных характеристик региона проведен по региональным профилям (опорным, рядовым и вспомогательным), по которым в результате моделирования были получены Р-скоростные модели, характеризующие неоднородное строение литосферы Прикаспийского региона.

По площади исследований использовались и обобщались данные о значениях V<sub>p</sub> на всех имеющихся (даже единичных) профилях с максимально возможным охватом данных опорных профилей (Волгоград-Челкар-Тургайский, Атрек-Сагиз-Абдулино, Эмба-Колпашево, Меридиан 50<sup>0</sup> и др.) и, расположенных по периферии (Нахичевань-Волгоград, Темиртау-Куйбышев, Тургайский, Копетдаг-Аральское море и другие).

В результате проведенных работ были получены Р-скоростные модели для всех опорных профилей южной части Прикаспийской впадины (см. рисунок 4.17) и ряду интерпретационных, описание наиболее значимых из них приводится ниже.

Профиль Атрек-Сагиз-Абдулино (рисунок 4.17) протяженностью 1660 км пройден в субмеридиональном направлении по-восточному и северовосточному Прикаспию. От реки Атрек с юга на север он пересекает Западно-Туркменский прогиб Южно-Каспийской впадины в зоне ее восточного сочленения со структурами Копетдага, Балханскую зону и Карабогазскую антеклизу с осложнениями консолидированной коры, Мангышлак-Устюртскую систему прогибов и Северо-Устюртский блок прогибов и поднятий Туранской плиты, восточную часть Прикаспийской впадины с выходом через ее северный борт на Восточно-Европейскую платформу.

Экспериментальной основой Р-скоростного моделирования литосферы по профилю являются системы годографов, полученные С.С. Чамо [128] в результате региональных наблюдений КМПВ на участке Атрек-Сагиз, ГСЗ на участке Абдулино-Сагиз [144], а также материалы 3D Р-скоростного моделирования мантии северо-западной Евразии [145].

Профиль характеризуется существенно повышенной мощностью платформенного чехла, достигающей в отдельных случаях аномально высоких значений. Аномально высокая мощность (до 20 км) чехла фиксируется в Западно-Туркменском прогибе Южно-Каспийской впадины и в Прикаспийской впадине. Минимальная мощность платформенного чехла фиксируется в зонах Карабогазской антеклизы и Восточно-Европейской платформы на севере.

Мощность верхнего сиалического слоя консолидированной коры, состоящего из вулканогенно-метаморфического комплекса палеозоя и метаморфического докембрия, максимальна (до 15-20 км) в Западно-Туркменском прогибе и в Мангышлак-Устюртской зоне прогибов, умеренная – в пределах Северо-Устюртского блока и Прикаспийской впадины.



Рисунок 4.17 – Двумерная Р-скоростная модель по профилю Атрек-Сагиз-Абдулино

Южная часть разреза в пределах от Западно-Туркменского прогиба до Северо-Устюртского блока, характеризуется повышенной мощностью верхнего сиалического слоя консолидированной коры и пониженной – ультрабазитового. Оставшаяся часть нижних базитового и разреза. включающая Северо-Устюртский блок, Прикаспийскую впадину и ее борт с Восточно-Европейской платформой, характеризуется примерно равными значениями мощности верхнего сиалического и нижнего базифицированного слоев консолидированной коры. Характерной особенностью разреза коры является практически повсеместное наличие слоя коромантийной смеси, значительное увеличение мощности которого устойчиво контролируется скоростной (V<sub>p</sub>=7,2-7,8 км/с) моделью в пределах Западно-Туркменского прогиба, на участке от Балханской зоны до Северо-Устюртского блока и под Прикаспийской впадиной.

По гипсометрическому положению подошвы (границы М) примерно на региона пределах профиля соответствует уровне 40 КМ кора В платформенному типу. Сокращение ее мощности фиксируется на участке от Западно-Туркменского прогиба до Северо-Устюртского блока с минимумом значений 32 км в пределах Карабогазской антеклизы. На юге выделяется слой активной мантии (V<sub>p</sub>=7,8-8,0 км/с) мощностью до 15 км, фиксирующий высокосейсмичную Кавказ-Копетдагскую зону, а по характеру рисунка всех изолиний скорости в коре и мантии – ее субдукционный характер. Повидимому, и пониженная мощность коры здесь так же входит в число признаков необычной структуры и физического состояния высокосейсмичной коры (субдукция, субокеаничекий тип коры Южно-Каспийской впадины и т.п.) и литосферы в целом. [133,134]

В северной части профиля в низах разреза фиксируется высокоскоростная (V<sub>p</sub>≥8,4 км/с) субстанция, образующая обширный выступ до гипсометрического уровня 50 км под Прикаспийской впадиной, и менее рельефный под Восточно-Европейской платформой.

Профиль Волгоград-Челкар-Тургайский (Рисунок 4.18) общей длиной

1500 км с запада на восток пересекает от борта до борта наиболее глубокую часть Прикаспийской впадины, Мугоджары, Тургайский прогиб и заканчивается в зоне перехода к Казахскому щиту в районе гор Улытау. Скоростная модель сформирована в результате переинтерпретации [146, 147] первичных систем годографов ГСЗ по профилю Волгоград-Челкар и региональных КМПВ по профилю Тургайскому.

Р-скоростная модель по этому профилю интересна тем, что рельефно отражает сложнейшую структуру литосферы уникальной Пикаспийской впадины: аномально большая мощность платформенного чехла, сложная по форме зона перехода от сиалического слоя консолидированной коры к выражающаяся в частом чередовании высокоскоростных базитовому, выступов и низкоскоростных прогибов в интервале глубин 10-35 км, а в мантии под центром впадины четко выделяется высокоскоростной блок с значительно увеличенными размерами по латерали по сравнению с внутрикоровыми. Нижняя (глубже 30 км) часть разреза характеризуется несколько упрощенной Р-скоростной структурой. Повышенная извилистость изолиний скорости остается лишь на локальных участках. Эти участки уходят глубину в пределы мантии, проявляясь увеличением мошности на коромантийной смеси (V<sub>p</sub>=7,8-8,0 км/с) в верхней мантии (активная мантия).





Рисунок 4.18 – Двумерная Р-скоростная модель по профилю Волгоград-Челкар-Тургайский

Тургайская часть профиля начинается с внутрикорового выступа нижнего базитового комплекса консолидированной коры на интервале 950-1050 км, совпадающего в плане с Мугоджарами и являющегося наиболее интенсивным по латерали и высоте относительно подошвы коры. В подкоровом пространстве этот выступ подстилается слоем умеренно активной мантии (V<sub>p</sub><8,2 км/с), простирающимся от Мугоджар на восток до середины Тургайского прогиба. [134]

Профиль Эмба-Колпашево (рисунок 4.19) протяженностью 1 100 км пересекает в северо-восточном направлении Прикаспийскую впадину, Мугоджары, Тургайский прогиб, Тургайское плато и далее продолжается по территории России в пределах Западно-Сибирской плиты.



Рисунок 4.19 – Двумерная Р-скоростная модель по профилю Эмба-Колпашево

Юго-восточная (Эмбенская) часть Прикаспийской впадины (интервал 0-300 км), пересекаемая профилем, характеризуются повышенной мощностью осадочного чехла (до 10 км), выклинивающегося на 320 км в переходной зоне к Мугоджарам. Далее по профилю осадочный чехол умеренной мощностью (до 4 км) фиксируется только в Тургайском прогибе (интервал 760-980 км). Верхнему сиалическому слою консолидированной коры на всем протяжении профиля свойственна пониженная мощность по отношению к сумме понижающих базифицированных слоев.

В составе сиалического слоя его верхняя составляющая (метаморфический палеозой с V<sub>p</sub>=5,6-6,0 км/с) везде выдержана по малым значениям мощности, а нижняя (докембрийский вулканогеннометаморфический комплекс  $V_{p}=6,0-6,4$ км/с) с за исключением Прикаспийской впадины характеризуется частым чередованием участков с увеличенной (до 15 км) и сокращенной (до первых километров) мощностью. Последние везде сопровождаются выступами нижележащих гранулитогнейсового и гранулит-базитового слоев. Выступы приурочены к переходной зоне от Прикаспийской впадины к Мугоджарам, к осевой части Мугоджар и к зоне сочленения Мугоджар с Тургайским прогибом.

В консолидированной коре в целом наблюдается частая смена участков с разным соотношением мощностей сиалического, гранулито-гнейсового и Коромантийная смесь  $(V_p = 7, 2-7, 6)$ гранулит-базитового слоев. км/с) фиксируется фрагментарно мощностью до 10 км под Прикаспийской впадиной, мощностью до 20 км под Мугоджарами и мощностью до 6 км под Тургайским плато. Активная мантия (V<sub>p</sub><8,2 км/с) в пределах профиля плато, выражена маломощными Тургайским контролируя здесь слабосейсмичную кору. Наиболее высокое фрагментарными включениями под Прикаспийской впадиной, Мугоджарами и стояние высокоскоростной мантии (V<sub>p</sub>>8,6 км/с) устойчиво фиксируется под Тургайским прогибом.

По линиям рядовых профилей, обеспеченные авторскими вариантами преломляющих и отражающих границ, получены значения блоковых, пластовых (интервальных) и граничных скоростей. По этим данным, с учетом пересечений с опорными профилями, разработаны скоростные модели в изолиниях (рисунок 4.20).



Рисунок 4.20 – Скоростные модели по линиям рядовых профилей

Интерпретационные профили проведены по ответственным участкам с большим межпрофильным пространством между опорными и рядовыми. Скоростные модели по ним составлены с учетом структурных карт стратифицированных отражающих или преломляющих границ, данных геолого-геофизических обобщений и значений скорости в точках пересечения с опорными и рядовыми [146].

По интерпретационным профилям Р-скоростная характеристика наиболее эффективна при изучении зон сочленения крупных тектонических элементов. Это отчетливо проявляется на разрезах по профилям 0a, 0c на северо-западе региона (рисунок 3.4, 4.21), пересекающие часть структур Большого Кавказа, кряжа Карпинского и Прикаспийскую впадину, включая ее южную и северную прибортовые зоны.



Рисунок 4.21 – Р-скоростные модели: по интерпретационному профилю 0с (вверху), по профилю 2 (внизу)

Разрезы по профилю 1, 2, пересекающие территорию и структуры региона примерно по диагонали куба с юго-запада на северо-восток фиксируют структуры западной периферии Южно-Каспийской впадины, юговосточную периферию Большого Кавказа, центральную часть акватории Каспия, Мангышлак, Устюрт, юго-восточный борт Прикаспийской впадины до Южного Урала. На всех иллюстрируемых разрезах принято разреженное сечение изолиний в соответствии со сложившейся стратиграфической и петрофизической интерпретацией Р-скоростных уровней.

Значение 4.0км/с соответствует подошве мезо-кайнозойской части осадочного чехла, 5.2км/с \_ кровля подсолевых отложений ЛЛЯ Прикаспийской впадины или эффузивно-осадочного палеозоя для остальной территории, 6.0км/с – кровля докембрийских отложений (гранито-гнейсового слоя сиалического комплекса), 6.4км/с – кровля гранулито-гнейсового слоя (базитового комплекса), 6.8км/с – кровля гранулит-базитового слоя (ультрабазитового комплекса), 7.2км/с – кровля коромантийной смеси, 8.0км/с – подошва слоя аномально активной мантии, 8.2км/с – подошва слоя умеренно активной (кровля нормальной мантии),8.4км/с-кровля мантии высокоскоростных (плотностных) включений в нормальной мантии. Кроме того, в мантию введены промежуточные изолинии скорости, помогающие детальнее подчеркнуть особенности ее скоростной структуры.

Основной отличительной особенностью разрезов по профилям 0с и 2 является явно выраженная в изолиниях скоростная структура коры и верхней мантии, отображающая, по всей видимости, зону субдукционного сочленения структур Кавказа и Южного Каспия со структурами Туранской плиты, расположенными северо-восточнее. Признаками северо-восточного погружения субдукционной зоны являются характерные изгибы изолиний скорости в коре и мантии, соответствующие погружению сейсмофокальной плоскости с глубиной. При продвижении по сейсмофокальной зоне с северозапада на юго-восток от профиля 0с до профиля 2 плотность очагов землетрясений заметно убывает, достигая минимума между профилями 2 и 2а, после чего, начиная с профиля 2a, вновь возрастает, но с изменением погружения фокальной плоскости на близвертикальное. В пределах профилей 0а-2a хорошо подтверждается, как и на юго-востоке Казахстана, в пределах границ куба чередование зон большой мощностью активной мантии с локальным умеренным увеличением мощности активной мантии.

#### 4.4.2 Анализ плотностных характеристик региона

При построении плотностной модели внутрикоровых объектов использованы аномалия образующие тела, осложняющие строение основных слоев коры. Нулевым уровнем для внутрикоровых объектов принимался коровый эффект. Соответственно, нулевым уровнем для локальных аномалий является поле от внутрикоровых объектов.

Двумерное плотностное моделирование проведено по близширотным профилям Волгоград-Челкар-Тургайский, Эмба-Колпашево и двум меридиональным: Атрек-Сагиз-Абдулино и Меридиан 50°. Моделирование выполнено по методике, предложенной Горбуновым П.Н. [91].

рассчитывалась Плотностная модель коры как сумма трех моделей собственно самостоятельных коровой, внутрикоровой И приповерхностной. Результаты плотностного моделирования иллюстрируются двумерными плотностными моделями в сопровождении исходных Р-скоростных моделей.

Геотраверс Волгоград-Челкар-Тургайский (рисунок 4.22) длиной 1500 км, с запада на восток пересекает от борта до борта наиболее глубокую часть Прикаспийской впадины, Мугоджары, Тургайский прогиб и заканчивается в зоне перехода к Казахскому щиту в районе гор Улытау.



Рисунок 4.22 – Двумерная плотностная модели вдоль геотраверса Волгоград-Челкар-Тургайский

Плотностная модель по этому профилю интересна тем, что очень отражает сложнейшую структуру литосферы уникальной Прикаспийской впадины: аномально большая мощность платформенного чехла, сложная по

форме зона перехода от сиалического слоя консолидированной коры к базитовому, выражающаяся в частом чередовании высокоплотностных выступов и низкоплотностных прогибов в интервале глубин 10-35 км, а в мантии под центром впадины четко выделяется высокоплотностной блок с значительно увеличенными размерами по латерали по сравнению с внутрикоровыми. Нижняя (глубже 30 км) часть разреза характеризуется несколько упрощенной плотностной структурой. Повышенная извилистость изолиний остается лишь на локальных участках погружения по падению столбообразных зон повышенной флюидизации, четко проявленных на фундаменте. Эти зоны уходят на глубину в пределы мантии, проявляясь увеличением мощности коромантийной смеси (р=3,05 г/см<sup>3</sup>) в верхней мантии (активная мантия).

особенности Эти плотностной структуры используются ДЛЯ физико-химической природы внутрикоровых поднятий обоснования с эклогитизации. Тургайская часть профиля позиций начинается с внутрикорового выступа нижнего базитового комплекса консолидированной коры на интервале 950-1050 км, совпадающего в плане с Мугоджарами и являющегося наиболее интенсивным по латерали и высоте относительно подошвы коры. В подкоровом пространстве этот выступ подстилается слоем нормальной мантии (р=3,29 г/см<sup>3</sup>), простирающимся от Мугоджар на восток до середины Тургайского прогиба. По признаку примерно равных мощностей сиалического и базитового слоев консолидированная кора в пределах прогиба в общем соответствует нормальному континентальному типу.

Геотраверс Эмба-Колпашево (рисунок 4.23) протяженностью 1100 км пересекает в северо-восточном направлении Прикаспийскую впадину, Мугоджары, Тургайский прогиб, Тургайское плато и далее продолжается по территории России в пределах Западно-Сибирской плиты.



Рисунок 4.23 – Двумерная плотностная модель вдоль геотраверса Эмба-Колпашево

Юго-восточная (Эмбенская) часть Прикаспийской впадины (интервал 0-300 км), пересекаемая профилем, характеризуются повышенной мощностью осадочного чехла (до 10 км), выклинивающегося на 320 км в переходной зоне к Мугоджарам и вновь появляется только на Тургайском плато (1260-1370 км). Верхнему сиалическому слою консолидированной коры на всем протяжении профиля свойственна пониженная мощность по отношению к сумме базифицированных слоев.

В составе сиалического слоя его верхняя составляюшая (метаморфический палеозой) обладает малыми значениями мощности, а (докембрийский вулканогенно-метаморфический нижняя комплекс) за исключением Прикаспийской впадины характеризуется частым чередованием участков с увеличенной (до 15 км) и сокращенной (до первых километров) мощностью. Последние везде сопровождаются выступами нижележащих гранулито-гнейсового и гранулит-базитового слоев. Выступы приурочены к переходной зоне от Прикаспийской впадины к Мугоджарам, к осевой части Мугоджар и к зоне сочленения Мугоджар с Тургайским прогибом. В консолидированной коре в целом наблюдается частая смена участков с разным соотношением мощностей сиалического, гранулито-гнейсового и гранулит $r/cm^3$ ) фиксируется базитового слоев. Коромантийная смесь  $(\rho = 3.05)$ фрагментарно мощностью до 7 км под Прикаспийской впадиной, мощностью до 10 км под Мугоджарами и мощностью до 6 км под Тургайским плато. Активная мантия (p=3,25 г/см<sup>3</sup>) в пределах профиля выражена маломощными включениями под Мугоджарами и в Тургайским плато, контролируя здесь слабосейсмичную кору. Наиболее мощный (25 км) блок высокоплотностной мантии (р=3,32 г/см<sup>3</sup>) устойчиво фиксируется под Тургайским прогибом.

Геотраверс Атрек-Сагиз-Абдулино (рисунок 4.24) протяженностью 1660 км пройден в субмеридиональном направлении по-восточному и северовосточному Прикаспию. От реки Атрек с юга на север он пересекает Западно-Туркменский прогиб Южно-Каспийской впадины в зоне ее восточного сочленения со структурами Копетдага, Балханскую зону и Карабогазскую антеклизу с осложнениями консолидированной коры, Мангышлак-Устюртскую систему прогибов и Северо-Устюртский блок прогибов и поднятий Туранской плиты, восточную часть Прикаспийской впадины с выходом через ее северный борт на Восточно-Европейскую платформу.



Рисунок 4.24 – Двумерная плотностная модели вдоль геотраверса Атрек-Сагиз-Абдулино

На разрезе Атрек-Сагиз-Абдулино аномально высокая мощность (до 7 км) чехла фиксируется в Прикаспийской впадине (интервал 1200-1500 км). На плотностной модели в пределах всей Прикаспийской впадины (1049-1600 км) обобщенно, но четко, выделяется слой соленосных отложений (ρ=2,25 г/см<sup>3</sup>), не фиксируемый Р-скоростной моделью. Отметим, что в этих условиях на

геофизических разрезах остается проблематичным надежное разграничение осадочных и метаморфизованных эффузивно-осадочных отложений палеозоя, относящихся к принципиально разным слоям: первый к платформенному чехлу, второй – к верхнему сиалическому комплексу консолидированной коры. Минимальная мощность платформенного чехла в пределах профиля фиксируется в зонах Карабогазской антеклизы (300-400 км) и Северо-Устюртском блоке (650-1020 км). На Восточно-Европейской платформе (1560-1660 км) платформенный чехол практически отсутствует. [132,134]

гранитогнейсового Мощность верхнего (сиалического) слоя консолидированной коры, состоящего из вулканогенно-метаморфического комплекса палеозоя и метаморфического докембрия, в Мангышлак-Устюртской зоне прогибов (500-670 км), умеренная – в пределах Северо-Устюртского блока (770-950 км) и Прикаспийской впадины (1200-1540 км). Минимальной мощностью этого слоя характеризуются Карабогазская антеклиза (250-430 км) и Восточно-Европейская платформа (1560-1660 км). Оставшаяся часть разреза (700-1660 км), включающая Северо-Устюртский Прикаспийскую впадину и ее борт с Восточно-Европейской блок. платформой, характеризуется примерно равными значениями мощности базифицированного верхнего сиалического И нижнего слоев консолидированной коры.

Коромантийная смесь (р=3,05 г/см<sup>3</sup>), надежно выявлена на участке от Балханской зоны до Северо-Устюртского блока (260-670 км) и под Прикаспийской впадиной (1180-1600 км).

По гипсометрическому положению примерно на уровне 40 км кора региона в пределах профиля соответствует платформенному типу. Сокращение ее мощности фиксируется на участке от Западно-Туркменского прогиба до Северо-Устюртского блока (60-800 км) с минимумом значений 32 км в пределах Карабогазской антеклизы (250-400 км).

Мощность слоя активной мантии ( $\rho$ =3,25 г/см<sup>3</sup>) на плотностной модели максимальна в южной части профиля (на участке 200-350 км) и сокращается до 10-15 км в северной. В северной части профиля в низах разреза под Прикаспийской впадиной фиксируется высокоплотностная ( $\rho$ =3,35 г/см<sup>3</sup>) субстанция, образующая обширный выступ до гипсометрического уровня 50 км под Прикаспийской впадиной (1000-1200 км), и менее рельефной под Восточно-Европейской платформой (на Р-скоростном разрезе). Плотностная модель верхней мантии, в пределах охваченных глубин, в общих чертах согласуется с Р-скоростной при меньшей внутренней дифференциации разреза, как и на других профилях.

*Профиль Меридиан* 50° (рисунок 4.25) пересекает всю акваторию Каспия по одноименному меридиану.

Мощность коры по профилю на юге в пределах Южно-Каспийской впадины составляет 50км, в средней части Каспия она резко сокращается до 32км и в Прикаспийской впадине колеблется от 36 до 45 км. На всем протяжении профиля отмечается большая мощность (до 20км) гранулит-

базитового слоя, содержащего фрагменты активной мантии. Гранулитослой занимает значительный объем пределах гнейсовый коры В Прикаспийской впадины и на крайнем юге Каспия (15км). Гранитогнейсовый слой в полной мере прослеживается в районе Каспия и в северном борту Прикаспийской впадины и почти полностью отсутствует в ее центральной части. Осадочный слой, включая надсолевой, развит повсеместно, причем в акватории Каспия появляется слой современных морских осадков с плотностью 2.3г/см<sup>3</sup>, мощность которого в Южно-Каспийской впадине достигает 4км. Верхняя мантия акватории характеризуется значительным увеличением мощности разуплотненной активной мантии с плотностью 3.25г/см<sup>3</sup> (до глубины 70км и ниже). В то же время в Прикаспийской впадине при незначительной мощности активной мантии на глубине 50км появляются участки мантии с избыточной плотностью по отношению к нормальной мантии.



Рисунок 4.25 – Р-скоростная и плотностная модель земной коры и верхней мантии по профилю Меридиан 50

В целом, по представленным трансрегиональным пересечениям (широтным и меридиональным) достигнуто удовлетворительное подобие Р-скоростных и плотностных моделей.

# 4.4.3 Комплексный анализ Р-скоростных и плотностных характеристик региона

3D плотностное моделирование литосферы Прикаспийского региона и ее согласование с 3D Р-скоростной моделью проведено с применением пакета

программ В.С. Романова. Модель задана сечениями по произвольным уровням, избыточная плотность слоев рассчитана относительно нормальной мантии с плотностью 3.29 г/см<sup>3</sup>. Размер изученной площади составляет 1440 км х 1960 км по латерали и 70 км по глубине. На рисунке 4.26-4.27 представлены горизонтальные плотностные срезы через 8 км, которые, наглядно для регионального анализа, иллюстрируют структуру плотностных слоев земной коры.

Верхний осадочный чехол (2.4 г/см<sup>3</sup>), включающий в себя в пределах Прикаспийской впадины солевые и надсолевые отложения, достигает глубин 8-10 км. Солевые отложения (р=2.2 г/см<sup>3</sup>) мощностью до 5-6 км фиксируются только в Прикаспийской впадине.

Вулканогенно-осадочный комплекс (2.65 г/см<sup>3</sup>) гранитогнейсового слоя наиболее широко представлен в интервале глубин 8-10 км, на глубине 16 км его подошва отмечается в Прикаспийской впадине, а на юге площади она погружается до глубины 20 км.



Рисунок 4.26 – Плотностные срезы 3-D модели по уровням 4-28 км

Метаморфический комплекс докембрия (2.75 г/см<sup>3</sup>) гранитогнейсового слоя маломощный, его отдельные выступы появляются на срезе 12 км, он наиболее распространен на глубине 15-18 км, в Прикаспийской впадине его подошва достигает глубины 20 км. Гранулито-гнейсовый слой (2.85 г/см<sup>3</sup>) имеет сложную морфологию (раздувы чередуются с пережимами), как бы выполняя пространство между выше- и нижележащими слоями. Небольшая мощность, располагается на глубине 20-25 км, но в Прикаспийской впадине, в Мугоджарах и в Южно-Каспийской впадине его подошва опускается до 36 км.



Рисунок 4.27 – Плотностные срезы 3-D модели по уровням 36-68 км

Гранулит-базитовый слой (2.95 г/см<sup>3</sup>) наиболее мощный. В отдельных выступах он наблюдается на глубине 20-25 км, широко распространен на глубинах 28-38 км, а на глубине 40 км выклинивается. Слой коромантийной смеси (3.05 г/см<sup>3</sup>) наиболее распространен на глубинах 36-40 км, но в пределах структур Большого Кавказа и в районе Мугоджар его подошва опускается до глубин 52-56 км. Гранулит-базитовый слой довольно маломощный, а на участках погружения Мохо (Южно-Каспийская впадина) мощность слоя увеличивается до 15 км, и до 8 км в Мугоджарах и северо-западном Прикаспии. В пределах Прикаспийской впадины гранулитбазитовый слой включает маломощный слой коромантийной смеси с плотностью 3.15 г/см<sup>3</sup> Верхняя мантия по площади дифференцирована. Участки активной мантии с плотностью 3.25 г/см<sup>3</sup> отмечаются преимущественно на юго-западе, где ее

мощность достигает 35 км. Северо-восточнее структур Большого Кавказа она постепенно выклинивается. На северо-востоке территории, в восточной периферии Прикаспийской впадины и в районе Мугоджар, также наблюдается слой активной мантии мощностью 15-20 км. Мантия с повышенной плотностью (3.32 г/см<sup>3</sup>) отмечается, главным образом, в северной части территории.

Скоростные характеристики слоев [134] в целом подтверждают плотностную модель. На рисунках 4.28-4.29 иллюстрируются сравнение скоростных и плотностных моделей по отдельным региональным профилям.



Рисунок 4.28 – Р-скоростная и плотностная модель земной коры и верхней мантии по профилю Атрек-Сагиз-Абдулино



Рисунок 4.29 – Р-скоростная и плотностная модель земной коры и верхней мантии по профилю Челкар-Волгоград

На уровне 4 км, характеризующем осадочный слой, Прикаспийская и Южно-Каспийская впадины отмечаются низкими значениями скорости (V<sub>p</sub>=2-4 км/с). В обрамлении впадин скорости возрастают до 5.6-5.8 км/с. На уровне 12 км низкие скорости (2-4 км/с) сохраняются лишь на юге Каспия. На наблюдаются преимущественно скорости 5.5-6.0 км/с, что разрезах соответствует палеозойскому вулканогенно-осадочному слою плотностной модели. На уровне 20 км эти скорости отмечены уже на ограниченных участках, а наибольшую площадь занимают скорости 6-6.4 км/с, которые к уровню 28 км практически исчезают, что подтверждает морфологию метаморфического слоя (2.75 г/см<sup>3</sup>) плотностной модели. Скорости 6.4-6.8 км/с, соответствующие гранулитогнейсовому слою (2.85 г/см<sup>3</sup>), отмечаются на глубинах 20-28 км, а на 36 км уже практически отсутствуют. В отличие от плотностной модели, мощность гранулит-базитового слоя несколько ниже, преимущественное распространение скоростей 6.8-7.2 км/с отмечается на уровнях 28-36 км.

Коромантийная смесь (7.2-7.8 км/с) по сейсмическим данным в сравнении с плотностной моделью занимает значительно больший объем земной коры, наиболее широко развита на глубине 36-44 км, с глубиной ее площадь сокращается, и на уровне 52-60 км она наблюдается лишь на югозападе территории, в районе Кавказа. Активная мантия, обладающая скоростью <8.0-8.2 км/с, отмечается, начиная с 44 км до 52 км. С глубиной ее площадь сокращается, на уровне 68 км она фиксируется только на юге территории. Высокоскоростная мантия (8.4-8.6 км/с), как и в плотностной модели, присутствует только в северной части изученной территории на глубинах 60-68 км.

#### Выводы.

1. Анализ структуры гравитационного поля позволил провести районирование региональных аномалий силы тяжести по югу Прикаспийской впадины, выделив зоны, отличающиеся по амплитудам, размерам в плане, конфигурации и другим характеристикам поля силы тяжести. Геологическая интерпретация этих данных позволит получить как обобщенное представления о внутренней структуре земной коры региона (анализ регионального поля), так и для детализации строения отдельных блоков и комплексов горных пород (результаты разложения поля на составляющие). Использование трансформации гравиметрического поля, позволили установить на юге Прикаспийской впадины зоны максимумов силы тяжести, возможно связанные с глубинными структурными блоками развития карбонатных комплексов.

2. Магнитное поле в условиях больших глубин залегания магнитовозмущающих объектов подтверждает тектоно-блоковое строение полеозоид региона. Магнитное поле, осложненное локальными аномалиями положительного и отрицательного знака, позволили построить магнитометрическую модель поверхности фундамента, выделив приподнятые и опущенные блоки и установив общую региональную тенденцию погружения фундамента к центру впадины.

3. Анализ структурно-скоростных и плотностных разрезов по линиям региональных профилей, позволили выполнить районирование территории на основе соотношения ее отдельных слоев по типам земной коры (континентальная, реликтовая палеоокеаническая, переходная кора).

В региональном представлении отмечается хорошее согласование структур и основных элементов (слоев) литосферы (платформенный чехол, консолидированная кора, верхняя мантия) по всем геофизическим параметрам (V<sub>p</sub>, V<sub>s</sub>,  $\rho$ ). В деталях внутренняя структура слоев Прикаспийской впадины различается, иногда значительно, в соответствии с различной разрешающей способностью применяемых методик моделирования и индивидуальной особенностью физических параметров.

Платформенный чехол и, связанные с ним нефтегазоносные структуры, четко проявляется в региональных геофизических полях. Комплексная интерпретация гравимагнитных данных, построение Р-скоросных И плотностных моделей Прикаспийской впадины позволили изучить особенности мезозойско-кайнозойских ( $V_p < 4.0$  км/с,  $V_s < 2.0$  км/с,  $\rho = 2.4$  г/см<sup>3</sup>) и палеозойских осадочных (V<sub>p</sub>=4.0-5.2 км/с, V<sub>s</sub>=2.0-3.0 км/с,  $\rho$ =2.4 г/см<sup>3</sup>) комплексов. Установлено, что в Прикаспийском регионе солевые отложения  $(\rho=2.2 \text{ г/см}^3)$  на плотностной модели платформенного чехла ( $\rho=2.4 \text{ г/см}^3$ ) выделяются только в Прикаспийской впадине, в отличии от всего Прикаспийского региона.

### 5. РОЛЬ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР

### 5.1 Характеристика глубинного строения

К настоящему времени Запад Казахстана, как никакой другой район, охвачен широким комплексом геофизических методов исследований. Район, в целом достаточно хорошо, обеспечен материалами гравиметрической и аэромагнитной съемок, большим количеством профилей ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ, данными активно развивающейся сейсмотомографии, освещающей строение мантии в сейсмоактивном районе Южного Прикаспия до глубины 500 км, теплометрией, глубинной электроразведкой (МТЗ). Однако, использование этих данных для целей поисковой геологии до последнего времени было недостаточным. Комплексная переинтерпретация, проведенная автором диссертации геофизических данных, позволила получить дополнительные сведения о строении, как о верхних горизонтах земной коры, так и о строении литосферы до глубины 70 и более км.

Основу представленных в диссертации исследований составляют схемы глубинного строения и глубинные геолого-геофизические разрезы, которые построены автором по материалам грави-, магнито-, сейсмометрии, и карттрансформаций физических полей. Представления о строении наиболее глубоких слоев земной коры и верхней мантии базируются на результатах обработки данных комплексных геофизических работ по линиям геотраверсов, картах глубинного тектонического строения и поверхности М масштаба 1: 250000 всего Казахстана, созданные на геодинамической основе [161,162].

С учетом вновь полученных данных автором построены схемы неоднородности глубоких горизонтов земной коры и поверхности Мохоровичича в масштабе 1:1 500 000 по южной части Прикаспийской впадины, которые характеризуют более детальное строение литосферы и опираются на данные исследований последних лет: многочисленные сейсмические профили, отображенные на рисунке 3.4, карты гравитационного и магнитного полей, геолого-геофизические разрезы.

При характеристике глубинного строения исследуемой территории основное внимание уделено особенностям консолидированной части коры (структуре рельефа ее кровли и подошвы, тектонике, вещественному составу), которые в настоящее время, принято считать, имеют прямое отношение к формированию региональных нефтегазоносных районов [163,164].

Прикаспийская впадина является одним из наиболее глубоких осадочных бассейнов мира – глубина залегания фундамента в наиболее погруженной части впадины по данным региональных сейсмических исследований достигает более 20 км. Прикаспийская впадина рассматривается как юго-восточная окраина Восточно-Европейской платформы, претерпевшая

длительное прогибание, сопровождавшееся накоплением осадочных пород огромной мощности. Уже на ранней стадии геофизических исследований этого региона было сделано предположение об утонении гранитного слоя в центральной части впадины и об океаническом строении земной коры на этой площади. Последующими исследованиями подтверждено выклинивание гранитного слоя, замещение его слоем переходного состава (Vr=6.8 км/с), под которым залегает собственно «базальтовый» слой (Vr=7.0 – 7.5 км/с). Утонение гранитного слоя объяснялось его «базальтификацией» в результате регионального метаморфизма [165,166].

Структура подошвы земной коры и распространение активной мантии регионаотражены на рисунке 5.1, которая представляет собой результаты построений с учетом обобщающих данных В.И.Шацилова, П.А.Горбунова, 1995), Ю.А.Воложа[1991,2010], Г.В. Краснопевцевой [1970, 1984, 2000], А.В. Егоркина [1989, 2000], И.В. Померанцевой [1962], Р.Б. Сапожникова и Л.М. Коробкина [1962-1975], В.А. Циммера [1974], В.С. Дружинина [ 2001] и других.



Рисунок 5.1 – Структурная схема подошвы земной коры и зон распространения активной мантии юга Прикаспийской впадины

Современная структура подошвы земной коры (поверхности Мохоровичича, поверхности М) имеет важное значение в составе базовой геологической модели, поскольку, наряду с другими факторами, составляет основу для геодинамических построений зарождения и развития осадочных бассейнов. В настоящее время существует несколько вариантов строения

поверхности М, принципиально различающихся как в оценке глубины, так и геологической природы близ мантийных геофизических границ. Основой для разработки моделей подошвы консолидированной коры служат новые данные сейсморазведки ГСЗ и КМПВ и интерпретация гравитационного поля.

Рельеф подошвы земной коры в Прикаспийском регионе колеблется от отметок -32 до -52 км. Области максимальных глубин (46-52 км) пространственно соответствуют горным сооружениям Южного Урала (Мугоджар) и погребенной северо-восточной периферии Большого Кавказа. Наименьшие глубины (до 32-35 км) залегания гравитационных масс, обладающих плотностью мантийного слоя, отмечены в Центральносоответствуют Прикаспийской депрессии. Выступы Аралсорскому и Хобдинскому гравитационным максимумам. Другое поднятие мантийного слоя с минимальными отметками 38-37 км соответствует Северокаспийско-Южно-Эмбинскому блоку земной коры. На Устюрте подошва коры залегает на глубинах 44-42 км. Более контрастным рельефом характеризуется территория Южно-Бузачинского прогиба, Мангышлака и Карабогазского поднятия и продолжения этих структур в область акватории Каспийского моря. Здесь выделяется крупная линейная Мангышлак-Предкавказская депрессия с отметками -45-46 км, соответствующая одноименному блоку коры, и Карабогаз-Среднекаспийское поднятие (38-40 км).

В целом, построения по подошве земной коры несколько отличаются в деталях от известных схем и характеризуются большей блокам консолидированной коры.

*Мощность консолидированной коры*, представленная на рисунке 5.2, интегрировано отображает наиболее контрастные структурные особенности ее кровли и подошвы.

В пределах региона она варьирует от 12 км до 60 км. Наибольшими характеризуется мощности кора орогенов (44-60 значениями км). наименьшими – кора субокеанического типа с мощным осадочным чехлом фанерозойского комплекса в пределах Южно-Каспийского прогиба (12-20 км), Терско-Каспийского, Предкопетдагского, Северо-Каспийского прогибов и Центрально-Прикаспийской (24-30)депрессии км). Остальная часть территории Прикаспия представлена консолидированной корой в целом заниженной мощности (30-38 км) ПО отношению К нормальной континентальной коре.

*Рельеф кровли консолидированной коры* построен на основе структурной схемы скоростного уровня 5,6 км/с, хорошо согласующегося и отождествляемого с кровлей консолидированной коры или, что-то же, с подошвой осадочного чехла.



Рисунок 5.2– Схема мощности консолидированной коры юга Прикаспийской впадины

информация получена из результатов 3D Р-скоростного Эта моделирования земной коры Прикаспийского региона в комплексе с гравиданным и подробно описана разделе 4. Территория магнитными В периферийных и граничных частей площади исследований охарактеризована по данным Ю.А. Воложа (1991,2010) и по материалам сейсмического районирования этого региона (Сейсмичность, 2001, 2007, 2009).

Выделяемая по комплексу геофизических данных поверхность консолидированной коры Прикаспия залегает на глубинах от 0 км до 22 км, иногда – до 26 км (Южно-Каспийская впадина), и характеризуется сложной структурной неоднородностью (Рисунке 5.3). Области минимальных глубин отмечены на Южном Урале, в Мугоджарах, в пределах гор Улытау и северозападной периферии хребта Каратау, а также фрагментарно (за пределами характеризуемой территории) на юго-восточной периферии Большого Кавказа, северо-западной – Копетдага и Южного Тянь-Шаня. Здесь комплексы консолидированной местами обнажаются коры на поверхности (заштрихованные участки на рисунке 5.3), либо перекрыты чехлом осадочных образований незначительной мощности. Понижения в рельефе имеют форму линейных прогибов, простирание которых согласуется с общим простиранием орогенов. По мере удаления от орогенов линейные дислокации соответственно разветвляются и погружаются, постепенно затухая в пределах равнинных пространств.



Рисунок 5.3 – Структурная схема кровли консолидированной коры юга Прикаспийской впадины

Районирование фундамента, было предложено в разные годы Ю.Г. Леоновым, Ю.А. Воложом, М.П. Антиповым, В.А. Быкадоровым, Т.Н. Херасковым, Абилхасимовым Х.Б., где они выделяют крупные геоблоки, подчеркивая блочное строение фундамента [72,167 -170].

По данным бурения фундамент Прикаспийского бассейна вскрыт лишь немногими скважинами в северной бортово й части. По результатам КМПВ повсеместно прослеживается высокоскоростная граница с Vr>5,6 км/с, с которой связан опорный преломляющий горизонт. Преломленная волна от этой границы, достаточно четко опознается в волновом поле и на большей плошали совпадает на глубине с главной части магнитоактивной поверхностью (ГМАП), лежащей в области подсолевых горизонтов. Природа и геологическая значимость этой границы охарактеризована Воложом Ю.А., Антиповым М.П., Бродским А. Я и др., которые вслед за И.П.Косминской эту часть коры называют консолидированной. Они считают, что преломляющая граница, с характерными динамическими и кинематическими признаками, является глобальной и прослеживается повсеместно как на континентах, так и в океанах. Она отделяет высокоскоростную сейсмически однородную часть земной коры (внутри которой отсутствуют протяженные субгоризонтальные преломляющие и отражающие горизонты), от вышезалегающей более низкоскоростной субгоризонтально расслоенной ее части (насыщенной регионально прослеживаемыми границами). Часть земной коры, залегающая ниже этой границы, выделяется в качестве консолидированного слоя, а выше – осадочного (осадочный чехол). В пределах континентов это граница раздела

деформированных, глубоко метаморфизованных, прорванных интрузиями комплексов деформированных, пород менее слабо И ИЛИ неметаморфизованных, преимущественно осалочных И осалочно-На древних платформах она отделяет вулканогенных толщ. архейнижнепротерозойский складчато-метаморфический комплекс от рифеймезозойского платформенного осадочного чехла, а на молодых платформах и в складчатых областях - комплексы, сформированные в океаническую и островодужную стадии их развития, от комплексов континентальной стадии [36, 171].

В целом геофизические данные свидетельствуют о весьма сложном блоковом строении консолидированной коры южной части Прикаспийской впадины и смежных территорий.

Строение фундамента Прикаспийской впадины носит выраженный блоковый характер, контрастно прослеживаемый в региональном плане (рисунок 5.4). Абилхасимовым Х.Б., Акчолаковым У.А. и др. (2012) в пределах бассейна выделено нескольких крупных геоблоков, разделенных разломами и различающихся строением, возрастом и особенностями развития доплитного и плитного комплексов. К ним относятся Северо-Западный, Северный, Восточный, Южный, Центрально-Прикаспийский геоблоки (рисунок 5.4).



Рисунок 5.4 – Схема тектонического районирования Прикаспийского региона (Акчолаков У.А., Абилхасимов Х.Б., 2012)

Эти блоки фундамента имеют гранитизированную кору архейраннепротерозойского возраста. Центрально-Прикаспийский геоблок, предположительно имеет архейско-раннепротерозойскую утоненную континентальную кору, или кору переходного типа, в основании которой залегает линза предположительно эклогитового состава [Волож и др., 2004; Сегалович и др., 2007], характеризующиеся повышением гравитационного поля и скоростью распространения сейсмических волн. Примыкающий с юга к Центрально-Прикаспийскому геоблоку, исследуемый Южный геоблок, имеет существенно более молодой возраст фундамента, который сложен покровно-складчатыми структурами позднепротерозойского (предположительно кадомского) возраста. Южный геоблок, возможно, частично надвинут на утоненную кору архей-раннепротерозойского возраста Центрально-Прикаспийского геоблока [172-173].

Южная часть Прикаспийской впадины (Южный геоблок, Абилхасимов Х.Б., 2012) занимает большую часть казахстанской части Прикаспийской впадины. В ее пределах выделяются: Тугаракчанский, Макатский, Восточно-Междуреченский блоки (рисунок 5.5).

Сейсмические данные и результаты интерпретации вновь полученной магниторазведки, существенно уточнили строение фундамента в южной части Прикаспийской впадины. Если ранее в районе Южно-Эмбинского поднятия предполагалась глубина фундамента в пределах 9-12 км, то по новым данным опущена до 15 -16 км. И это возможно не предел, особенно в южной части акватории Каспийского моря, на границе с Астраханским геоблоком. В Макатском блоке выделяются Атырауская система выступов и Шукатский выступ с глубинами по поверхности фундамента от 7,0 до 7,5 км. Доссорский прогиб с глубиной до 14 км. Миялынская тектоническая ступень относительно моноклинально погружаются в сторону Центрально-Прикаспийского геоблока глубиной до 18 км.

Тугаракчанский блок выделен в качестве отдельного блока, поскольку в его пределах, возможно, существует несколько отдельных крупных структур, как приподнятых по поверхности фундамента, так и пониженных. Особенностью Тугаракчанского геоблока является то, что он не имеет границ южного борта. Совершенно очевидно, что граница Прикаспийского бассейна в допалеозойское время была намного шире. То есть, наблюдается реальное «подныривание» Прикаспийской впадины под Туранскую плиту. Южно-Эмбинское палеозойское поднятие, однозначно имеет инверсионный характер [174-175].

В пределах Восточно-Междуреченского и Западно-Междуреченского блоков Южного геоблока выделяется ряд выступов, разделенных между собой системой узких прогибов. В целом, все три блока полого наклонены на север, к Центрально-Прикаспийскому геоблоку. Области Аралсорской, Индерской и Миялынской тектонических ступеней отмечены сравнительно спокойным низкоградиентным магнитным полем (до -70 нТл), с положительными изометричными аномалиями интенсивностью до +150 нТл и характеризуются линейными размерами 30-50 км, тяготеющими к дугообразному направлению.

Расположенные южнее – Октябрьский, Кобяковский, Новобогатинский, Шукатский выступы и Атырауская система поднятий характеризуются повышенными значениями магнитного поля, с дугообразной полосой положительных аномалий интенсивностью до +400 нТл и шириной до 60-80 км, продолжающиеся в акватории Каспийского моря до дельты р. Волга.

Юго-западнее Южного геоблока расположен Астраханский геоблок, в пределах которого на левобережье Волги выделяется Астраханская система

выступов и Северо-Западно-Астраханская тектоническая ступень, а на юге Южно-Астраханский прогиб. Глубины фундамента в сводовой части предполагается 9 км, а в северной части геоблока – 16 км. Глубокий (более 9 км) Ганюшкинский (Заволжский) прогиб отделяет Астраханский геоблок от системы поднятий Южного геоблока, в пределах которого выделяются крупные овальной формы своды. В их пределах глубины до поверхности фундамента изменяются от 7 до 8 км и более. Пониженными до -180 нТл значениями отмечено Астраханское сводовое поднятие. Зона понижения магнитного поля протягивается от него к северу и дугообразно к северовостоку, к Новобогатинскому выступу.



Рисунок 5.5 – Структурно-тектоническое районирование Прикаспийской впадины (Абилхасимов Х.Б., Акчулаков У.А., 2012)

Выделенные на поверхности фундамента крупные структурные элементы и подвижки блоков фундамента, оказывали первостепенное влияние на структурный план верхних осадочных отложений, в одних случаях способствуя образованию положительных, в других – отрицательных структур.

На рисунках 5.6, 5.7 отражены результаты комплексной интерпретации гравимагнитных полей по региональным сейсмическим профилям пересекающие структуры Центрально-Прикаспийского и Южного геоблоков.

В результате моделирования магнитного поля выявлены четыре внутрикоровых магнитоактивных объекта, два из которых выделены с помощью сейсмических границ обмена. Особенно крупный из них, размеры которого в поперечнике превышают 100км, имеет очень сложную морфологию и состоит из трех тел, границы между которыми отмечены также обменными волнами. Верхняя кромка объекта варьируется на глубинах 10-17-30 км, нижняя – 30–34 км. Интенсивность намагничения пород, вычисленная с учетом ее эмпирической зависимости от плотности, подтверждена в процессе моделирования. Она составляет 1-1,2 А/м, что обуславливает в наблюденном поле ΔТа (на H = 0,3 км) аномалию 220 нТл. Интенсивность намагничения пород других объектов находится в этих же пределах.

Характер и интенсивность магнитного и гравитационного полей показывает на высокую насыщенность рассматриваемых блоков магматическими образованиями. Астраханско-Актюбинский блок (по данным Воложа Ю.А. 2004, 2010), характеризуется в основании преимущественно интрузиями гранитов и гранодиоритов (реже габброидов), верхние кромки которых распол ожены вблизи и ниже поверхности фундамента. Они, вероятно, сопровождали процессы раздвига при образовании Центрально-Прикаспийского рифта, а также проявились на завершающей стадии консолидации коры Астраханско-Актюбинского блока.

Большинство исследователей приходит к выводу о позднерифейском времени становления континентальной коры этого блока [164]. В качестве одного из доказательств справедливости этой точки зрения приводятся данные о позднепротерозойском возрасте «доуралид» западной части Урала, который по геофизическим данным составляет единое геологическое образование с комплексом пород фундамента Астраханско-Актюбинской зоны [72].



# Рисунок 5.6 – Геолого-геофизический разрез по сейсмическому региональному профилю

Характер магматизма Северо-Каспийско-Южно-Эмбинской зоны существенно отличается от Астраханско-Актюбинской. Здесь преобладают массивы габброидов, причем верхние кромки магматических объектов часто располагаются в области нижнепалеозойского структурно-тектонического комплекса и даже в пределах верхнедевонско- раннекаменноугольного грауваккового комплекса. Это дает основание рассматривать их как комплексы активной континентальной окраины, возникшей в девоне [72].



Рисунок 5.7 – Геолого-геофизический разрез по профилю Волгоград-Челкар

Последнее утверждение дает возможность предположить, что основу смежных с Центрально-Прикаспийской впадиной Астраханско-Актюбинского и Северо-Каспийско-Южно-Эмбинского блоков консолидированной коры (Южный геоблок) составляют архей-раннепротерозойский фундамент юга Восточно-Европейской платформы, переработанный в результате последующих тектоно-магматических процессов. Подтверждением этому служат высокие граничные скорости фундамента (от 6,3 до 6,7 км/с), регистрируемые по данным рефрагированных волн.

Увеличение глубин залегания фундамента в южной и восточной бортовых зонах Прикаспийского бассейна, позволяет по-новому оценить перспективы глубокозалегающих осадочных комплексов Южного и Восточного геоблоков, а также пересмотреть границы Прикаспийского бассейна как в допалеозойское, так и ранне-среднепалеозойское время. По

всей видимости, они были гораздо шире, как на востоке, так и на юге. А это, в свою очередь требует внесения корректив в палео-реконструкциях раннесреднепалеозойского этапа развития региона.

особенности платформенного Геологические осадочного чехла Прикаспийской впадине детально изучены геофизическими методами, удовлетворительно-буровыми работами до глубин 5,0 км и единичными скважинами - до глубин 5,5-6,4 км. В платформенном чехле выделяется два мегакомплекса - подсолевой палеозойский (докунгурский) и верхнепермско-(преимущественно мезокайнозойский), кайнозойский разделенные сульфатно-галогенной толщей кунгурского возраста. Последняя, являясь региональным флюидоупором, по особенностям геологического строения аналогична прилегающим районам. Здесь развиты соляные купола и межкупольные мульды. Наиболее интенсивно развитые соляные купола, зачастую прорывающие триасовую, юрскую и меловую толщи, группируются севернее Каратон-Тенгизской (Приморской) карбонатной платформы, в том числе на северной периферии. Непосредственно над карбонатным массивом соляные купола, как правило, затухают в триасовом комплексе.

В целом в вертикальном разрезе земной коры выделены следующие сейсмостратиграфические подразделения. Наиболее крупные это клонсолидированная кора и осадочный чехол, границей между которыми служит преломляющий горизонт «К» с граничной скоростью сейсмических волн 5,6-6,0 км/с. Внутри осадочного чехла выделяются три структурнотектонических комплекса: складчатый, доплитный и плитный. Границы вертикальных элементов осадочного чехла связывают с сейсмическими и геодинамическими разделами, отвечающими крупным перерывам перестройкам. осадконакопления, несогласиями И тектоническим Ha сейсмических разрезах им отвечают опорные отражающие горизонты, прослеживающиеся на всей территории осадочного бассейна. Границами сейсмогеологических этажей и структурно-формационных комплексов служат ярко выраженные поверхности эрозионно-угловых несогласий, с которыми связаны зонально прослеживаемые опорные отражающие горизонты.

Границей складчатого чехла и доплитного комплекса служит отражающий сейсмический горизонт «Ф» (акустический фундамент), которая выделяется по смене характера рисунка отражений. Она отделяет верхнюю часть разреза, насыщенную динамически яркими отражающими горизонтами, от нижней части, где возможна только групповая корреляция отдельных невыдержанных по простиранию и наклонам границ.

В пределах континентальных платформ слабодеформированный осадочный покров включает «доплитный комплекс» и «плитный комплекс» платформенного чехла, разделом между ними служит геодинамическая граница, обычно соответствующая регионально прослеживаемому опорному отражающему горизонту. Еще одна геодинамическая граница прослеживается в областях развития деформированного, складчатого чехла. Она отделяет на сейсмических разрезах слоистую среду верхнего плитного комплекса от

волнового поля, в пределах которого регулярные отражения отсутствуют, а распространены хаотично расположенные отражения и многочисленные дифрагированные волны.

Доплитный, складчатый и плитный геодинамические (структурнотектонические) комплексы разделяются на ряд сейсмогеологических этажей: рифейский, нижнепалеозойский, девонско-нижнепермский, верхнепермскотриасовый, юрско-миоценовый и плиоцен-четвертичный.

В целом в строении осадочного чехла участвуют: терригеннокарбонатные толщи рифея (около 4 км), терригенные образования вендасреднего ордовика (2 км), карбонатные толщи верхнего ордовика-силура (2 км), терригенные породы девона-нижней перми (4 км), галогенные толщи кунгурско-казанского возраста (4 км), красноцветные и пестроцветные терригенные отложения верхней перми и триаса (2 км), карбонатнотерригенные отложения юры, мела и кайнозоя (рисунок 5.8).

В южной части Прикаспийской впадины в осадочном чехле выделяются 4 сейсмогеологические зоны: Южно-Эмбинская, Макатская, Восточно-Междуреченская и Западно-Междуреченская. С учетом результатов региональных исследований для этих зон принятая стратиграфическая привязка нижних горизонтов следующая:

**П**<sub>1</sub>- поверхность, маркирующая переход от соленосных отложений кунгура к подсолевым нижнепермским отложениям артинского возраста. Прослеживаемость горизонта резко ухудшается в юго-западной части площади, на участках развития высокоамплитудных дислокаций палеозоя.

 $\Pi_2$  – поверхность, связанная с резкими изменениями условий осадконакопления в башкирское время (средний карбон).Ввиду резкого падения уровня моря (до 100-200 м по оценкам отдельных геологов) смена условий осадконакопления в той или иной степени зафиксирована в разрезах многих сухопутных скважин. Горизонт прокоррелирован как нижняя фаза динамически выраженного пакета отражений ниже горизонта П1. Именно такой критерий является одним из главных при корреляции отражения П2 по сухопутным данным сопредельных территорий. Отражение от границы выделялось на разрезах преимущественно по положительной фазе по динамическим признакам записи. По мере приближения к зоне складчатости корреляция отражения становится неуверенной. На участках наиболее сильных дислокаций горизонт выделяется только эпизодически.



1-2 – консолидированная кора: 1 – нормальной мощности архей-раннепротерозойского (а) поздневендского (кадомского, байкальского) (б) возраста; 2 – уточненная (в Центрально-Прикаспийской депрессии); 3-11 комплексы пород: 3 – терригенно-вулканогенные, 4 карбонатные. 5 – терригенные, 6 – кремнисто-глинистые глубоководной котловины и глинисто-карбонатные внутрисклоновых бассейнов (конденсированные пласты), 7 соленосные, 8 – терригенные подводных конусов выноса; 9 – терригенные, преимущественно песчаные, 10 – основного состава; 11 – ультраосновного состава; 12 – сбросы; 13 – надвиги; 14 – границы литолого-стратиграфических комплексов и опорные сейсмические (отражающие) горизонты и их индексы; 15 – опорный преломляющий горизонт внутри осадочного чехла: 16 – кровля консолидированной коры. Разломы: ЮЭ - Южно-Эмбинский, ТКР Трансприкаспийский: скважины: В - Ветелкинская. Щ - Щучкинская. Рисунок 5.8 – Сейсмогеологический разрез Прикаспийской впадины (Ю.Г.

Леонов, Ю.А. Волож, М.П. и др.2010)

 $\Pi_3$  – поверхность, еще не вскрытая в условиях юга Прикаспийской впадины. Предполагается досреднедевонский возраст границы. Отражение от границы достаточно уверенно прослеживается в северной части площади и прокоррелировано по нижней положительной фазе двух-трехфазного отражения, наиболее динамически выраженного в нижней секции подсолевого разреза. На участке складчатости выделение и корреляция горизонта становятся невозможными.

На рисунке 5.9 представлен пример результатов интерпретации факт, сейсмических данных, позволяющий подтвердить тот что на Махамбет, рассматриваемом участке расположенный Южной в сейсмогеологической области находится граница двух блоков Прикаспийской впадины. Северо-восточный участок по условиям залегания подсолевого палеозоя характеризуется достаточно спокойным, «платформенным» типом Юго-запалный фронтальной развития. участок представлен частью Махамбетской характеризуется И сильной зоны надвигов дислоцированностью слагающих разрез отложений.



Рисунок 5.9 – Фрагмент глубинного разреза по линии через рекомендуемую скважину Р-2 (структура Махамбет 3)(АО «НК «КазМунайГаз» и «ChevronExplorationKazakhstanB.V.» 2008)

На рисунке 5.10 представлен типовой разрез осадочного чехла южной части Прикаспийской впадины, по сводовой части карбонатной платформы (сейсмопрофиль 115, пикет 20), с наиболее вероятными параметрами, при этом количество параметров и типы разрезов при сохранении степени их достоверности могут прогнозироваться для любой точки региона.

Таким образом, широкое использование комплексное геологогеофизическое исследование региона, позволяет понять геологическую природу отдельных физических аномалий, получить возможность уточнения глубин залегания, как поверхности фундамента, так и додевонской поверхности осадочного бассейна, выявить области отсутствия тех или иных осадочных комплексов.

## 5.2 Геодинамические модели литосферы по линиям региональных профилей

Исследование глубинного строения в свете геодинамического моделирования вдоль региональных геофизических профилей (геотраверсов) является одним из приоритетных направлений геологии [Хаин, 1979; Пучков, 2000; Ермаков, Лыгин, 2006; Старостенко и др., 2008, Козленко, Козленко, 2013; 2016; Рязанцев, Кошелева, 2017; Старостенко и др., 2017].



Рисунок 5.10 – Прогнозный типовой разрез в пределах свода карбонатной платформы Юга Прикаспийской впадины (Воцалевский Э. С. Пилифосов В. М. и др. 2002).

Проблема строения земной коры и происхождения Прикаспийской впадины привлекает внимание многих исследователей в связи с тектоникой плит, геологической историей региона, поисками и прогнозированием полезных ископаемых. Актуальность исследования Прикасийского прогиба определяется не только в связи с фундаментальной проблемой изучения его
формирования и динамики, но и практическими задачами, связанными с перспективами обнаружения нефтяных и газовых месторождений.

Несмотря на большой объем выполненных геолого-геофизических работ, многие вопросы по глубинной тектонике и геодинамике региона, имеющего сложное и изменчивое строение земной коры, остаются нерешенными.

Проведении структурно-вещественной интерпретации глубоких горизонтов земной коры и составления профильной геодинамической модели юга Прикаспийской впадины основаны на анализе Р-скоростных разрезов по геотраверсам и обобщенной легенде к геодинамическим моделям Прикаспийского региона (Таблица 2).

Таблица 2 – Геофизическая характеристика структурно-вещественных слоев земной коры и верхней мантии Прикаспийского региона

					Геофизические	
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ					параметры	
ЛИТОСФЕРЫ				V <sub>p</sub> , км/с	р, г/см <sup>3</sup>	у словный знак
ЧЕХОЛ ПЛАТ- ФОРМ	Мезозой-кайнозойский седиментный				< 2,55	222 222 222 222
	Палеозойский седиментно-метаморфический				2,55	
консолидированная	вый เй)	Недифференцированные Рz вулканогенно-осадочные породы, гранитоидные интрузии, метаморфиты докембрия		5,6-6,4	2,65- 2,75	+ + + ++++ + +++
	Верхнекоро гранито- гнейсовый (сиалически	Палеозойский вулканогенно-осадочно- метаморфический		5, <b>6-6</b> ,0	2,65	****
		Докембрийский метаморфический		6,0- <del>6</del> ,4	2,75	+++ +++ +++
	Среднекоровый гранулито-гнейсовый базифицированный				2,85	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4
	Нижнекоровый гранулит-базитовый (габброидный)				2,95	
ПЕРЕХ ОД-НАЯ ЗОНА	Коромантийный (переходный от коры к мантии) габбро- пироксенитовый			> 7,2	3,05- 3,15	× × × × × ×
ВЕРХНЯЯ КОРА	Активный (разогретый) пиролитовый – активная мантия, в том числе плюмовые массопотоки		эпиплатформенных орогенов и щита	< 8,2	> 3 25	
			древней и молодой плит	< 8,0	- 5,25	
	Относительно «охлажденный» пиролитовый — нормальная мантия		эпиплатформенных орогенов и щита	8,2-8,4	3,29	• • • • •
			древней и молодой плит	8,0-8,4		1. Table 1. T. 1999
	Погружающийся эклогитоподобный с избыточной плотностью				3,32	
	Реликты океанической коры (слэбы) в погружающемся эклогитоподобном комплексе				3,35	
	Эклогитоподобные породы области растекания опускающихся					a/
	массопотоков с приближением к нижней мантин (а,б – возрастание избыточной плотности)			8,8-9,0	>3,35	100



Граница Мохоровичича



Гипотетические направления глубинных массопотоков



Внутрикоровые зоны деструкции (разломы)



Предполагаемые зоны субдукции альпийской эпохи



Предполагаемое положение позднепалеозойских сутур

В результате переинтерпретации первичных систем годографов ГСЗ по профилю Волгоград-Челкар и региональных КМПВ по профилю Тургайскому сформирована скоростная модель по *профилю Волгоград-Челкар-Тургайский* общей длиной 1500 км. Профиль с запада на восток пересекает от борта до борта наиболее глубокую часть Прикаспийской впадины, Мугоджары, Тургайский прогиб и заканчивается в зоне перехода к Казахскому щиту в районе гор Улытау (Рисунок 5.11).



Рисунок 5.11 – Профильная геодинамическая модель по сводному геотраверсу Волгоград-Челкар-Тургай

Профиль Волгоград-Челкар расположен в центральной части Прикаспийской впадины. По результатам моделирования общая мощность земной коры составляет около 42км.Гранулит-базитовый слой развит на всем протяжении профиля, имеет резко-переменную мощность от 6 до 20 км.

Значительно возрастает мощность гранулит-базитового слоя (до 20км), главным образом, за счет внутрикоровых объектов. В его составе выделяются участки с повышенной плотностью 3.05 г/см<sup>3</sup> и 3.25 г/см<sup>3</sup>, что, в целом, увеличивает среднюю плотность слоя. Гранитогнейсовый слой маломощный (3-7 км), развит фрагментами, главным образом, в восточном борту Прикаспийской впадины и на западе профиля, где наблюдается блок мощностью до 22 км. Осадочный слой прослеживается по всему профилю, имеет мощность 10-15 км. Солевой комплекс развит повсеместно, его слой мощностью 5-8 км расположен на глубине 2-5 км.

Тургайская часть геотраверса Волгоград-Челкар-Тургайский начинается с внутрикорового выступа нижнего базитового комплекса консолидированной коры на интервале 950-1050 км, совпадающего в плане с Мугоджарами и являющегося наиболее интенсивным по латерали и высоте относительно подошвы коры. В подкоровом пространстве этот выступ подстилается слоем умеренно активной мантии (Vp<8,2 км/с), простирающейся от Мугоджар на восток до середины Тургайского прогиба.

По признаку примерно равных мощностей сиалического и базитового слоев, консолидированная кора в пределах прогиба в общем соответствует нормальному континентальному типу.

Исключением здесь являются локальный выступ базитового слоя коры до гипсометрического уровня 6 км на границе прогиба с горами Улытау и обширный блок подкоровой мантии с повышенными значениями скорости (V<sub>p</sub>≥8.4 км/с).

Р-скоростная модель профиля Волгоград-Челкар-Тургайский интересна тем, что рельефно отражает сложнейшую структуру литосферы уникальной Прикаспийской впадины: -аномально большая мощность платформенного чехла,

-сложная по форме зона перехода от сиалического слоя консолидированной коры к базитовому, выражающаяся в частом чередовании высокоскоростных выступов и низкоскоростных прогибов в интервале глубин 10-35 км,

- в мантии под центром впадины четко выделяется высокоскоростной блок со значительно увеличенными размерами по латерали по сравнению с внутрикоровыми.

Нижняя (глубже 30 км) часть разреза характеризуется несколько упрощенной Р-скоростной структурой.

В верхней зоне Прикаспийской впадины (до глубины 5 км на бортах и до 10-12 км в ее центральной части) изолинии со значениями Vp от 4.5 км/с до 5.5 км/с отражают толщу слоистых, относительно спокойно залегающих, осадочных пород. Вся средняя по глубине часть впадины (от 10-12 км до 25-

30 км) имеет совершенно иное строение, резко отличающееся от простой структуры чехла платформы и верхней зоны впадины. На одних участках по изолиниям со значениями  $V_p$  от 5.8 км/с до 7.0 км/с вырисовываются замкнутые овальные контуры, на других – резкие крутые флексуры высотой до 10-15 км, а также вертикальные и крутонаклонные зоны шириной до 15 км, в пределах которых горизонтальная сейсмическая анизотропия толщ (слоистость пород) отсутствует.

Некоторые замкнутые геологические блоки имеют размеры 20-30 км по латерали и 10-15 км по вертикали. Вертикальные и крутонаклонные зоны, разделяющие такие блоки, рассматриваются как сквозные зоны деструкции с наиболее интенсивной флюидо-метасоматической переработкой слоистых толщ.

Нижняя часть разреза (глубже 30 км) характеризуется несколько упрощенной структурой. На локальных участках выделяются погружающиеся по падению столбообразные зоны повышенной флюидизации. Эти зоны уходят на глубину в пределы мантии, проявляясь увеличением мощности коромантийной смеси (V<sub>p</sub>=7.2-7.8 км/с) в низах коры и пониженными значениями скорости (V<sub>p</sub>=7.8-8.0 км/с) в верхней мантии (активная мантия).

Профильная геодинамическая модель вдоль геотраверса Дербент-Кувандык. Представление объемной скоростной модели литосферы региона набором структурных схем Р-скоростных уровней или мощности слоев, заключенных между этими уровнями, о чем говорилось выше, удобно при районировании территории по значениям этих параметров на различных гипсометрических уровнях коры и верхней мантии. Если же ставится задача детального изучения закономерностей непрерывного изменения значений скорости в литосфере с глубиной, предпочтительно изображение этой модели набором разрезов по линиям, проведенным с заданной дискретностью примерно вкрест простирания основных геотектонических структур. В данном случае из таковых, позволяющих получить общее представление о Рскоростной характеристике структур по глубине в Прикаспийском регионе и помогающий расшифровать и акцентировать ее основные геодинамические или геотектонические особенности выбран разрез, пересекающий территорию Прикаспийского региона с юго-запада на северо-восток по направлению Дербент-Кувандык. Местоположение разреза и соответствующая ему Рскоростная модель представлены на рисунке 5.12. Эта модель наиболее эффективно представляет Р-скоростную характеристику литосферы и пространственный сейсмический режим в зонах сочленения тектонических элементов: разрез начинается в складчатой системе Монголо-Кавказа, далее пересекает Куринскую впадину, центральную часть структур Большого Терско-Каспийский прогиб. Кавказа, Средне-Каспийскую впадину, Центрально-Мангышлакское поднятие и центральную часть Прикаспийской впадины.



Рисунок 5.12 – Р-скоростная модель вдоль геотраверса Дербент-Кувандык

Сечение изолиний на модели принято В соответствии с петрофизической интерпретацией стратиграфической И Р-скоростных уровней (таблица 2): 4,0 км/с – подошва мезокайнозойской части осадочного чехла, 5,2 км/с – кровля подсолевых отложений для Прикаспийской впадины или эффузивно-осадочного палеозоя для остальной территории, 6,0 км/с – кровля докембрийских отложений (гранито-гнейсового слоя сиалического комплекса), 6,4 км/с – кровля гранулито-гнейсового слоя (базитового комплекса), 6,8 км/с – кровля гранулит-базитового слоя (ультрабазитового комплекса), 7,2 км/с – кровля коромантийной смеси, 8,0 км/с – подошва слоя аномально активной мантии, 8,2 км/с – подошва слоя умеренно активной мантии (кровля нормальной мантии), 8,4 км/с – кровля высокоскоростных включений в нормальной мантии. Кроме того, в мантию введены промежуточные изолинии скорости, помогающие детальнее подчеркнуть особенности ее скоростной структуры.

Основной отличительной особенностью разреза является Р-скоростная структура коры и верхней мантии, отображающая зону субдукционного сочленения Кавказа и Южного Каспия с Туранской плитой. Признаками северо-восточного погружения зоны субдукции являются характерные изгибы изолиний скорости в коре и мантии, контролирующие положение сейсмофокальной плоскости. Подчеркнем, что здесь хорошо подтверждается плюмтектоническая интерпретация природы высокой сейсмической активности [78-79.]: максимальная концентрация очагов землетрясений сопровождается повышенной мощностью активной мантии. На остальной территории региона эпизодически фиксируются редкие очаги умеренных и слабых землетрясений, сопровождаемые, как правило, умеренным увеличением мощности активной мантии. [176,177]

На юго-западной части профиля Дербент-Кувандык (0-400 км), приходящейся на структуры Кавказа и Терско-Каспийский прогиб, при сохраняющейся большой мощности активной мантии и умеренной – осадочного чехла, нижний базитовый слой коры также сильно увеличивается по мощности за счет повышения гипсометрического уровня его кровли до 15 км. Далее в северо-восточном направлении активная мантия постепенно выклинивается, а подкоровые значения скорости продольных волн на Северном Устюрте равны 8,2 км/с, что характерно для нормальной континентальной литосферы. В районе строительства блока «Жемчужины» мощность активной мантии составляет 2-3 км, что является типичным признаком слабосейсмичной территории.

По совокупности данных P-скоростного моделирования литосферы по профилю Дербент-Кувандык разрез можно разделить на две части: югозападную орогенного эпигеосинклинального типа (высокосейсмичную), и северо-восточную платформенного типа, которая под влиянием близко расположенных с юго-востока высокосейсмичных орогенов, по существу, может быть отнесена к переходному слабосейсмичному типу.

# 5.3 Геофизические критерии нефтегазоносности юга Прикаспийской впадины

Многолетние исследования нефтегазоносности осадочных бассейнов показывает, что месторождения нефти и газа распределены в них неравномерно по площади и разрезу. Эта избирательная концентрация углеводородов в определенных зонах и частях разрезов осадочных бассейнов связана с влиянием широкого спектра геолого-геохимических параметров, объединенных единым термином – "нефтегазоносные системы". Под этим термином понимаются:

-современная структура и геологическая эволюция бассейна, в том числе входящих в его состав структурных элементов;

-наличие и распределение резервуаров и флюидоупоров (покрышек) в осадочном чехле;

-типы коллекторов и их емкостно-фильтрационные параметры;

-наиболее вероятные нефтегазоматеринские комплексы, тип и степень преобразования органики;

-особенности формирования нефтегазосборных зон и их структурные соотношения с зонами генерации углеводородов;

-соотношение времени формирования локальных ловушек и вероятных циклов миграции углеводородов, в том числе струйной миграции при радикальных перестройках структуры осадочных бассейнов;

-условия сохранения залежей; пространственное размещение месторождений [178].

систем Конечной целью изучения нефтегазоносных является дифференцированная оценка перспектив нефтегазоносности конкретного осадочного бассейна по принятой ранее и применяемой в Казахстане схеме элементов нефтегазогеологического районирования: провинция-область-Важнейшим район-зона. звеном этой схемы является зона нефтегазонакопления, контролирующая локальные скопления нефти и газа.

Среди факторов, влияющих на процессы генерации, миграции аккумуляции и сохранения углеводородов в ловушках важнейшая роль принадлежит тектонике и литологии, в связи, с чем нефтегазогеологическое районирование проводится на структурной основе с учетом особенностей седиментации и пространственного распространения типов осадков чехла. Здесьважную роль играют геофизические исследования и созданные на их основе геолого-геофизические модели с широким применением современных геоинформационных систем.

Осадочный разрез в пределах южной части Прикаспийского бассейна, занимает стратиграфический интервал от протерозоя до современных отложений. Мощность осадочного чехла, залегающего на добайкальском фундаменте, составляет здесь 10-16 км. В разрезе осадочного чехла выделены три основных структурно-формационных этажа: подсолевой (докунгурский) – терригенно-карбонатный, соленосный (кунгурский) и надсолевой (верхнепермско-мезозойский, терригенный), различающихся по истории геологического развития, характер у структур оформирующих факторов, а также по условиям нефтегазообразования и нефтегазонакопления.

Нефтегазоносность этого региона выявлена как в надсолевом комплексе 200 небольших месторождений (более по запасам углеводородов, приуроченных к солянокупольным поднятиям — Эмбенская нефтегазоносная область), а в подсолевом комплексе вплоть до 2000 г. были выявлены только на суше такие гигантские по запасам месторождения, как Астраханское газоконденсатное, Тенгизское и другие нефтяные месторождения. Вместе с ранее открытыми крупными месторождениями углеводородов в подсолевых отложениях в береговой зоне этого региона (Астраханское, Тенгизское, Каратонское, Тажигалинское), В связи c открытием гигантских месторождений на шельфе: Кашаганское Западное и Кашаганское Восточное, его размеры составляют порядка 420×100 км, а площадь — порядка 42 000 км<sup>2</sup>.

Территория юга Прикаспийской впадины, выделенная в результате сейсмо-стратиграфического анализа подсолевых поднятий рифогенного генезиса, с установленной нефтегазоносностью как в подсолевых, так и в надсолевых образованиях, исходя из геодинамического и ретроспективнобассейнового анализов, С.А. Алиевой была классифицирована как Северо-Каспийская нефтегазоносная субпровинция [179]. (Южная нефтегазоносная область, Акчулаков У.А., Абилхасимов Х.Б., 2012). В ее пределах высокие оценки ресурсов углеводородов в подсолевых отложениях в полной мере соответствуют количеству прошедших здесь стадий геодинамической эволюции, в процессе которой здесь состоялись крупные зоны спрединга Мезенско-Каспийский, Южно-Эмбенский (палеорифты: И Кряж Карпинского), а также зоны субдукции (островные дуги: Биикжал – Северо-Астраханская, Кряж Карпинского – Северные Бузачи) [180] (рисунок 5.13).

Геодинамические и геологические условия и температурный режим региона оказались весьма благоприятными для генерации, миграции и аккумуляции углеводородов В пределах развитых злесь тектоноседиментационных поднятий верхнего девона нижней перми, образованных шельфовыми биогермами, барьерными рифами, а также крупными рифогенными атоллами, сформировавшимися над древними прогибами по фундаменту, с которыми связаны такие крупные месторождения, как Кашаганское, Тенгизское, Астраханское, Королевское. Наибольшие перспективы нефтегазоносности связаны с среднефрансконижневизейским карбонатным, верхневизейско-нижнебашкирским карбонатно-сульфатнокарбонатным верхнемосковско-кунгурским И соленосным регионально-нефтегазоносными комплексами в погребенных локальных биогермных поднятиях, выявленных гравии- и сейсморазведкой в Заволжско-Тугаракчанской прелелах области пригибания фундамента (Астрахано-Приморская нефтегазоносная область) [181].

Эта закономерность контрастно выражена в строении, фундамента и осадочного чехла, что отчетливо подтверждается особенностями геофизических аномалий [39, 182, 156].

Специфическими чертами литосферы Прикаспийской впадины, выявленные сейсмическими исследованиями, как отмечалось ранее в главе 4, являются:

- -аномальная мощность осадочных отложений в центральной части впадины, с тонкой консолидированной корой,

- -резкий скачок скорости продольных волн (Vp) при переходе от коры к мантии;

- -в центральной части впадины в верхней мантии в интервале глубин 40-60 км залегает высокоскоростное тело. В бортовых частях впадины оно отсутствует.

Переинтерпретация данных многоволновых ГСЗ позволила получить новые данные и уточнить модель консолидированной коры и нижних горизонтов осадочного комплекса пород с целью установления закономерностей распределения скоростных неоднородностей земной коры нефтегазоносных районов [183].



1 – граница Северо-Каспийского региона (нефтегазоносной субпровинции); 2 – южная граница Прикаспийской впадины; 3 – границы тектонических и нефтегазоносных областей Северо-Каспийской тектонической и нефтегазоносной субпровинции: І – погребенная островодужная система поднятий по фундаменту (Эмбенская нефтегазоносная область); II – Заволжско-Тугаракчанская тектоническая область прогибания фундамента; III – переходная покровнонадвиговая тектоническая область (Каракульско-Жельтаузская НГО); 4 – районы развития крупных тектоно-седиментационных биогермных поднятий средне-верхнепалеозойского возраста; 5 – крупные выступы по допалеозойскому фундаменту в северной береговой зоне, в пределах которых отсутствуют или имеют незначительные мощности карбонатные образования средневерхнепалеозойского возраста (1 – Кобяковский, 2 – Октябрьский, 3 – Северо-Каспийский, 4 – Биикжальский, 5 – Южно-Эмбенский; 6 – вершины крупных погребенных локальных рифов и атоллов средне-верхнепалеозойского возраста, в том числе: А – контуры вершин биогерм; Б – наиболее перспективно-нефтегазоносные поднятия по подсолевым отложениям в шельфовой зоне Северного Каспия; В – поднятия с выявленной нефтеносностью подсолевых отложений; Г – Астраханское газо-конденсатное месторождение (1 – Астраханское, 2 – Имашевское, 3 – Жамбайское, 4 – Жамбай-морское, 5 – Северо-Каспийское, 6 – Кёр-оглы (Западный Кашаган), 7 – Восточно-Кашаганское, 8 – Южно-Кашаганское, 9 – Кайран, 10 – Пустынное (Шабурбалинское), 11 – Тажигалинское, 12 – Каратонское, 13 – Королевское, 14 – Тенгизское, 15 – Южное). 7 – палеорифтовые системы (цифры в красных квадратах): 1 – Мезенско-Каспийская; 2 – Южно-Эмбенская; 3 – Кряжа Карпинского. 8 – палеосубдукционные (островодужные системы) (цифры в желтых квадратах): 1 – Биикжал-Северо-Астраханская; 2 – Кряжа Карпинского-Северо-Бузачинская. 9 – трансформный разлом. СТ – Скифско-Туранская эпигерцинская платформа (Северо-Кавказско-Мангышлакская нефтегазоносная бассейн-провинция): IV – тектоническая область кряжа Карпинского (Южно-Калмыцкая НГО).

Рисунок 5.13 – Схематическая карта тектонического и нефтегазогеологического районирования подсолевых образований Северо-Каспийского региона [181]

По данным комплексной интерпретации данных МОГТ и ГСЗ установлены следующие закономерности в размещении нефтегазоносных блоков земной коры. Месторождения Астраханское (профиль «Краснодар—

Эмба»), Оренбургское, Нагумановское, Шуваловское, Таращанское, Верхнеуральское (Профиль Эмба-Оренбург,), Карачаганак (профиль Манаш -Карачаганак), Жонажол, Кинкияк, Алибек-Мола (профиль «Колпашево-Эмба) залегают на жестких неоднородностях, характеризующихся пониженными значениями отношения скорости продольных волн к поперечным (Vp/Vs). Как известно, наиболее сильное влияние на параметр Vp/Vs оказывает содержание флюида. Повышенное содержание газовой фазы в породе (при сохранении жестких структурных связей) приводит к отрицательным значениям коэффициента Пуассона [Кузин и др. 1994,2004].

Существенное различие скоростных параметров наблюдается в верхней мантии непосредственно под месторождениями углеводородов, так под Астраханским -значения Vp = 8,10 км/с, Vp/Vs = 1,73, под Жонажол-Кинкияк Vp = 8,00 км/с, Vp/Vs = 1,68 [Булин, Егоркин 2000]. Следовательно, различие распределения Vp и Vp/Vs в разрезах южной и восточной частей впадины прослеживается от верхней части коры и до верхней мантии включительно.

По-видимому, низкие значения Vp/Vs в осадочном чехле в породах фундамента вызваны общей причиной – повышенным содержанием газа как глубинной Положение следствие процесса легазации. В разрезе месторождений Жонажол, Кинкияк, Алибек-Мола на профиле «Колпашево-Эмба» (рисунок 5.14) схоже с картиной на разрезе по профилю ГСЗ «Манаш-Карачаганак». Карачаганакское месторождение, Как И эта группа месторождений залегает на неоднородности с низкими значениями Vp/Vs, расположенной в осадочном чехле. Месторождения находятся в карбонатных отложениях шельфового и рифогенного типов.

В качестве ещё одной общей закономерности в картине распределения упругих неоднородностей в глубинном строении под месторождениями углеводородов необходимо обратить внимание на то, что области с низкими значениями Vp/Vs граничат с областями с высокими значениями Vp/Vs. Причем области повышенных значений Vp/Vs располагаются, так же, как и области низких значений Vp/Vs, в осадочном чехле и фундаменте, что служит аргументом глубинного происхождения. Сочетание повышенных и пониженных значений Vp/Vs отображает общую закономерность локализации флюидных потоков на границе разноупругих сред.

Г.В. Краснопевцевой была выполнена переинтерпретация по ряду профилей ГСЗ нефтегазоносных районов Прикаспийской впадины по нестандартной методике. Она состояла в построении разрезов отклонений коровых времен  $(\Delta t)$ прихода первых Р-волн по отношению К среднестатистическому годографу. Этот способ обладает теми преимуществами, что на модель среды не накладывается никаких условий, не нужно учитывать строение верхней части разреза, значения  $\Delta t$  несут объективную информацию о распределении истинной скорости в разрезе.



Рисунок 5.14 – Разрез отношения скоростей Vp/Vs по геотраверсу Колп-ашево — р. Эмба [Проект Батолит-2, 2013].

На схеме объёмного распределения Δt для района Астраханского месторождения (рисунок 5.15) отмечается присутствие узкой субвертикальной низкоскоростной зоны (положительные значения (Δt).



1 – изолинии ∆t в сек.; 2 – изогипсы по кровле фундамента в метрах; 3 – тектонические нарушения по фундаменту; 4 – Астраханское газоконденсатное месторождение (по данным Г.А. Краснопевцевой, 2008). Фрагменты профилей ГСЗ: І-І – Краснодар-р. Эмба; ІІ-ІІ – Замьяны-Вязовка; ІІІ-ІІІ – Волгоград-Нахичевань

Рисунок 5.15 – Схема объёмного распределения параметра ∆t юга Прикаспийской впадины (Г.В. Краснопевцева, 2003 г.)

На разрезах  $\Delta t$  профилей «Замьяны-Вязовка» и «Краснодар-Эмба», построенных в последующие годы уже с большей детальностью (рисунки 5.16, 5.17) эта зона разделяет на две крупные половины высокоскоростные (отрицательные неоднородности значения  $\Delta t$ ), залегающие над кристаллическим фундаментом. По сравнению с разрезом Vp/Vs (см. рисунок 3.24) разрез параметра  $\Delta t$  по профилю Краснодар-Эмба позволяет выделить особенности распределения скорости, в частности, переменной мощности – низкоскоростную зону с крутым падение на юго-запад. В тоже время, между разрезом Vp/Vs и тектоническим строением наблюдается очень хорошая согласованность. Кряж Карпинского выделяется низкими значениями Vp/Vs, Каракульско-Смушковская зона дислокация – повышенными значениями Vp/Vs, Астраханский свод – пониженными Vp/Vs, Северо-Каспийская зона поднятий – низкими значениями Vp/Vs. Следовательно, параметр Vp/Vs не только позволяет выделить тектонические структуры в разрез, но и идентифицировать их по упругим свойствам.



Рисунок 5.16 – Асьраханский разрез временных аномалий ∆t(R) первых коровых Р-волн по наблюденным годографам на профиле ГСЗ «Замьяны-Вязовка» (Г.В. Краснопевцева, 2003 г.).

Совместная интерпретация данных ГСЗ и МОГТ по результатам полевых наблюдений по методу многоволнового ГСЗ (геотраверс Краснодарр. Эмба) и МОГТ (профиль «Батолит-2), с учетом всех ранее выполненных исследований, позволила обосновать распределение упруго-деформационных параметров в среде, учитывающее физику распространения различных типов сейсмических волн и особенности (длину волны) каждого сейсмического метода [Кузин 1994, 2011].

На фрагменте профиля ГСЗ (см. рисунок 3.24), в районе пикетов 3700-4000, на глубине около 15 км находиться неоднородность в форме линзы с низкими значениями Vp/Vs. На временном разрезе МОГТ горизонтальное отражение в консолидированной коре (To = 6,5 сек) четко согласуется с интервалом очень хорошей корреляцией первого отражающего подсолевого горизонта (П1).



Рисунок 5.17 – Разрез временных аномалий ∆t(R) первых коровых Р-волн, по наблюденным годографам на геотраверсе ГСЗ Краснодар-Эмба [Кузини др. 2004]

При предварительной интерпретации оно было принято за кратную волну от П1 (первый подсолевой горизонт). Далее выяснилось, что эта волна не кратная и отражающие площадки от этой волны ложатся по контору неоднородности с низкими значениями Vp/Vs на разрезе ГСЗ. Совместная интерпретации ГСЗ и МОГТ показала, что отражающие площадки, построенные по данным МОГТ хорошо «оконтуривают» Астраханский свод в осадочном чехле и фундаменте, вплоть до средней части консолидированной коры.

Таким образом, обобщая результаты глубинных сейсмических исследований при оценке нефтегазоносности региона, можно сделать следующие выводы.

1.В региональном плане в центральной части Прикаспийской впадины: находится высокоскоростная (по Р-волнам) неоднородность, ограниченная в бортах впадины вертикальными границами раздела, выделяющиеся по скорости как продольных, так и поперечных волн. Она включает в себя две части, одна нижнекоровая, другая — верхнемантийная и разделенные горизонтом с промежуточными значениями скоростей. Высокие значения Vp в мантии указывают на отсутствие или незначительное количество флюида. А резкая граница в мантии по Р и S-волнам на восточной границе впадины позволяет рассматривать ее как зону вертикальной миграции флюидного потока.

2.Существенное различие скоростных параметров наблюдается в

верхней мантии непосредственно под месторождениями углеводородов. По данным комплексной интерпретации данных МОГТ и ГСЗ установлено, что месторождения углеводородов южной и юго-восточной бортовой зон Прикаспийской впадины залегают на жестких глубинных неоднородностях, значениями отношения характеризующихся пониженными скорости распределение продольных волн К поперечным (Vp/Vs).Характерное скоростных параметров Vp и Vp/Vs непосредственно под месторождениями углеводородов в разрезах южной части Прикаспийской впадины составляет: Vp = 8,10 км/с, Vp/Vs = 1,73, а для юго-восточной Vp = 8,00 км/с, Vp/Vs - 1,68.

Анализ региональных гравиметрического и магнитного полей позволили выделить в пределах юга Прикаспийской впадины и прилегающих территорий блоки консолидированной коры с характерными геофизическими характеристиками. В ее пределах выделяются: Тугаракчанский, Макатский, Восточно-Междуреченский, Западно-Междуреченский блоки.

Границами этих блоков различной геологической природы являются глубинные разломы, устанавливаемые по геофизическим данным. В целом для региона характерно аномально высокий уровень гравитационного и низкий, близкий к нулевому, магнитного поля.

Использование трансформации гравиметрического поля позволило исключить аномалии, обусловленные соляными куполами и получить информацию для регионального районирования. В итоге на схеме гравитационных аномалий четко установлены зоны максимума силы тяжести аномалий  $\Delta g$ , связанных с глубинными приподнятыми структурами фундамента и зонами развития карбонатных комплексов (Кашаган-Каратонская, Южно-Эмбинская, Бозашинская и Восточная зона максимума силы тяжести) (рисунок 5.18).

Результаты исследований *магнитного поля* использованы для уточнения геотектонического районирования кристаллического фундамента, изучения основания платформенного чехла, выявления положения и неоднородностей верхних горизонтов осадочных комплексов.

Анализ особенностей магнитного поля показывает, что на ряде участков выявляется пространственная связь нефтегазоносных структур (крупнейшие подсолевые месторождения) с локальными отрицательными магнитными аномалиями. Прослеживается пространственная приуроченность месторождений Карачаганак, Тенгиз, Жанажол, Урихтау, Кашаган к областям пониженных значений среднечастотной компоненты магнитного поля, которая вычислена как разность пересчетов магнитного поля на высоты 15 и 22 км [12,35, 36]. Учитывая эту закономерность в характере распространения аномального магнитного поля  $\Delta T$ , а также гравиметрических аномалий  $\Delta g$ , результаты проведенной аэромагнитной съемки и комплексирования методов устанавливается характерная картина распределения аномалий на юго-востоке и юге Прикаспийского бассейна. На основании выявленной пространственной связи аномалий магнитного поля со структурными элементами нижних горизонтов осадочного чехла возможен прогноз ряда новых перспективных палеозойских структур, сформированными в низах осадочного чехла, главным образом, в среднем–верхнем девоне и нижнем карбоне.

В целом результаты интерпретации данных потенциальных полей объясняют физическую сущность мегаподнятий, как реальных объектов, и обосновывают прогноз их формирования. Комплекс геофизических методов (аномалии магнитного и гравитационного поля, зоны повышенных средних скоростей, характерные элементам глубоких сейсмических горизонтов) позволяет установить более обоснованно границы этих геологических объектов.



Рисунок 5.17 – Структурно-тектоническая карта по отражающему горизонту Пз (Абилхасимов Х.Б., 2016), с добавлениями

#### Выводы:

1. Проведенные исследования с использованием вновь полученных геофизических данных показали широкую возможность геофизических методов для изучения глубинного строения нижних горизонтов земной коры, поверхности фундамента, додевонских комплексов и осадочного чехла крупных осадочных бассейнов.

2. На основании комплексного анализа геолого-геофизических данных южной части Прикаспийского бассейна: интерпретации сейсморазведки,

бурения, учета положительных гравиметрических аномалий и области пониженного значения аномального магнитного поля, выделяемые в качестве геомагнитной ступени, выявлены зоны накопления средне- и верхнедевонских отложений в относительно приподнятом залегании. Показано, что особенностями структур данной области является развитие и формирование крупных поднятий в девон–нижне-каменноугольном разрезе.

3. Важным этапом дальнейших исследований, является геологическое обоснование контуров положительных гравитационных аномалий, возможно связанных с поднятием жестких карбонатных блоков.

4. Интересными фактами требующие дальнейшего изучения И геологического объяснения это: установленная полоса геомагнитной ступени пространственно приуроченной К крупным поднятиям девон-нижне карбоновых комплексов; пространственная связь выявленных отрицательных аномалий магнитного поля с подсолевыми месторождениями нефти и газа в пределах Южного и Юго- Восточного геоблоков Прикаспийской впадины; и особенности распределения скоростных характеристик в земной коре: присутствие узкой субвертикальной низкоскоростной зоны, разделяющая на две крупные половины высокоскоростные неоднородности в районах расположения крупных месторождений углеводородов (Таблица 3).

5. В целом результаты геофизических исследований могут быть использованы для детального геотектонического районирования основания осадочного чехла, выявления положения крупных геотектонических элементов верхних горизонтов и оценки на их основе перспектив нефтегазоносности.

6. Выявленные на основе проведенного анализа закономерности распределения геофизических полей могут стать основой стратегии поисковых работ в рассматриваемом регионе.

Геофизичес кие методы	Характер аномального поля	Месторождение	Блоки земной коры	Предполагаемые геодинамические и геологические условия	Закономерности в размещении нефтегазоносных	Стадии геодинамической эволюции
1	2	3	4	5	олоках земной коры	7
<u>Г</u> Сейсмометри я МОГТ и ГСЗ	Различие распределения Vp и Vp/Vs Пониженные значения отношения (Vp/Vs). Vp = 8,10 км/c, Vp/Vs = 1,73 Vp = 8,00 км/c, Vp/Vs = 1,68	Оренбургское, Нагумановское, Шуваловское, Таращанское, Верхнеуральское, Карачаганак, Жонажол, Кинкияк, Алибек-Мола Астраханское Жонажол-Кинкияк	В разрезах южной и восточной частей впадины прослеживается от верхней части коры и до верхней мантии включительно В верхней мантии Осадочный чехол Месторождения находятся в карбонатных отложениях шельфового и рифогенного типов.	5 Заволжско-Тугаракчанской область пригибания фундамента (Астрахано- Приморская нефтегазоносная область) В пределах жестких неоднородностях, характеризующихся пониженными значениями отношения скорости продольных волн к поперечным (Vp/Vs).	Влияние на параметр Vp/Vs оказывает содержание флюида Повышенное содержание газовой фазы в породе (при сохранении жестких структурных связей) приводит к отрицательным значениям коэффициента Пуассон Низкие значения Vp/Vs в осадочном чехле в породах фундамента вызваны общей причиной – повышенным содержанием газа как	Крупные зоны спрединга: палеорифты -Мезенско- Каспийский, Южно- Эмбенский и Кряж Карпинскогоа Зоны субдукции: островные дуги- Биикжал – Северо- Астраханская, Кряж Карпинского – Северные Бузачи .
	Низкие значениями Vp/Vs, Области с низкими значениями Vp/Vs граничащие с областями высоких значенийVp/Vs	Жонажол, Кинкияк, Алибек-Мола Жонажол, Кинкияк, Алибек-Мола	В осадочном чехле и фундаменте (признак глубинного происхождения) В осадочном чехле и фундаменте		следствие процесса глубинной дегазации Сочетание повышенных и пониженных значений Vp/Vs отображает общую закономерность локализации флюидных потоков на границе разноупругих сред	

### Таблица 3 - Региональные геофизические критерии нефтегазоносности Прикспийской впадины

1	2		4	5	6	
		3				7
	Условный параметр значений ∆t связанный с распределением истинной скорости	Астраханское	Над кристаллическим фундаментом.	Параметр Vp/Vs позволяет выделить тектонические структуры в разрез, и идентифицировать их по упругим свойствам.	Выделяет особенности распределения скорости, переменной мощности – низкоскоростную зону с крутым падение на юго- запад. Между разрезом Vp/Vs и тектоническим строением наблюдается	
					хорошая согласованность	
Гравиметрия	Зоны максимума силы тяжести аномалий ∆g, Кашаган- Каратонская, Южно- Эмбинская, Бозашинская и Восточная зона максимума силы тяжести	Кашаган, Тенгиз Бузачи, Жанажол и др.	Глубинные приподнятые структуры фундамента	Зоны развития карбонатных комплексов	Возможен прогноз ряда новых перспективных палеозойских структур, сформированными в низах осадочного чехла, главным образом, в среднем-верхнем девоне и нижнем карбоне.	Доплитный, складчатый и плитный геодинамические (структурно- тектонические) комплексы. Сейсмогеологические этажи: рифейский, нижнепалеозойский, девонско-нижнепермский,
Магнитометр ия	Области пониженных значений среднечастотной компоненты магнитного поля	Тенгиз, Жанажол, Урихтау, Кашаган	Геотектоническое районирование кристаллического фундамента, основание платформенного чехла, верхние горизонты осадочных комплексов.	Пространственная связь аномалий магнитного поля со структурными элементами нижних горизонтов осадочного чехла.		верхнепермско- триасовый, юрско- миоценовый и плиоцен- четвертичный.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

B результате проведенных исследований был обобшен И геолого-геофизический проанализирован материал, накопленный за последние 20 лет по югу Прикаспийской впадины и граничных территорий. Осуществлен анализ физических полей, моделей земной коры и мантии по линиям региональных профилей ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ, проведена пометодная и интерпретация результатов геофизических, комплексная структурнои петрофизических лля геологических данных составления физикомоделей земной коры геодинамической на основе геологических исследуемого региона. На основе разработанных геофизических критериев установлены связи нефтегазоносности региона с глубинным строением и геодинамическим режимом развития основных геологических структур.

Работа выполнена на основе анализа физических полей, моделей земной коры и мантии по линиям профилей ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ, гравии- и магниторазведки, существующих концепций геодинамики развития региона.

#### Краткие выводы по результатам диссертационных исследований

Разработка геофизической основы для изучения глубинных структур нижних горизонтов земной коры и геодинамического районирования южной части Прикаспийской впадины проведена в результате обобщения и анализа огромного количества геолого-геофизических материалов, накопившихся за последние 20 лет в регионе. Комплексные геофизические исследования лежат в основе выявления основных закономерностей тектонического строения земной коры, а широкое применение современных цифровых регистрирующих, обрабатывающих и интерпретационных систем позволили оценить их количественно.

Моделирования глубинных слоев земной коры с привлечением результатов ГСЗ по другим регионом Казахстана позволили создать методику комплексного анализа геофизической информации применительно к изучению тектоносферы Прикаспийского региона. Однако, опыт физикогеологического моделирования на основе геотраверсов показал, что разработанные ранее методические приемы интерпретации в рамках каждого геофизического метода и комплекса в целом требуют существенной корректировки на базе современных теоретических концепций и широкого применения современных компьютерных технологий.

Для решения поставленных задач в диссертации использованы основные методические приемы комплексной интерпретации геофизических разработанные институте Сейсмологии РК В MOH при данных, направленные решение сейсмологических исследованиях, на задач Казахстана. В течение последних 30 лет учеными института проведены сбор опубликованных фондовых И материалов региональных первичных сейсмических наблюдений, их переобработка и обобщение по сйсмоактивным регионам Казахстана. Технология успешно опробована на территории, включающую в себя как платформенные, так и орогенные области (Тянь-Шань, Джунгария, Памир, Таримская плита), в пределах которой развита плотная сеть глубинных сейсмических профилей.

По Прикаспийскому региону также разработаны 3D модели земной коры и верхней мантии до глубины 70 км по скоростному (Vp) и плотностному параметрам (р) в свете проявления новейших и современных тектонических движений, для оценки сейсмичности и прогноза землетрясений. Однако использование этих данных для целей поисковой геологии и оценки нефтегазоносности до последнего времени было недостаточным, что не могло не сказаться на формировании негативного отношения к глубинным исследованиям среди геологической общественности. Обработка и анализ геофизических имеюшихся комплексных данных, проведенная по сейсмоактивным районам Казахстана, показали, что региональные профили дают наиболее полную и представительную характеристику главнейших структур Казахстана до глубины 100-200 км. На разрезах четко фиксируются структуры, сформировавшиеся в различной геодинамической обстановке: палеозоны субдукции, реликты микроконтинентов с сиалической корой, палеоостроводужные системы и др. На глубинных разрезах также хорошо зафиксированы "выступы" мантии – верхушки мантийных астенолитов и области базификации земной коры. [95] Большой объем, накопившийся сегодня, глубинных геофизических исследований Прикаспийского региона возможность по-новому отнестись методике лает к структурнотектонического анализа региона и установления в региональном плане формирования залежей углеводородов. Стала условий очевидной необходимость существенной корректировки имеющихся представлений о качественной и количественной оценках нефтегазоносного потенциала Прикаспия с учетом новых геолого-геофизических и геохимических материалов, на базе современных геологических концепций формирования осадочных бассейнов и их нефтегазоносности.

В целях дальнейшего изучения глубинных неоднородностей литосферы и верхней мантии Прикаспийского региона с позиции палеогеодинамического развития автором продолжено изучение геофизических полей по сети региональных геотраверсов Южной казахстанской части Прикаспийского региона.

В представленной диссертации изучение геодинамических процессов в земной коре основывалось на составлении разрезов земной коры с выделением и прослеживанием структурно-формационных зон, изучением вещественного состава геологических комплексов и тектонического районирования с учетом глубинных неоднородностей земной коры.

Главный методический принцип исследований, проводимых в диссертации, сводился к сопоставлению геологических и геофизических данных, анализу и выделению тех аномалий и структур, которые обусловлены глубинными процессами, соответствующие определенной гипотезе геодинамического развития, по отношению к которым нефтегазоносность располагается закономерно и связана с ними генетически или парагенетически.

При реконструкции глубинных структур нижних частей земной коры, за основу приняты данные ГСЗ и МОВЗ-ГСЗ, увязанные с основными параметрами гравитационного, магнитного (масштабов 1:500 000) и теплового полей, а при изучении верхних горизонтов использованы результаты сейсмических исследований методом отраженных волн (МОВ, МОГТ), детальных гравии- и магнитных съемок, выполненные в большом объеме в масштабе 1: 200 000. В результате этих комплексных исследований были выявлены многочисленные субгоризонтальные и пологонаклонные отражатели в консолидированний земной коре на глубинах от нескольких километров до границы М, региональные геологические неоднородности кристаллического фундамента и осадочного чехла.

Использованная схема обработки материалов трехкомпонентных комплексных наблюдений МОВЗ-ГСЗ, разработанная в институте Сейсмологии МОН РК, дала возможность получать информативные модели коры земной коры с высокой надежностью. Анализ волнового поля по региональным профилям Прикаспийского региона указывает на мозаичное строение верхней части коры. В нижней части коры эти неоднородности проявляются, значительно увеличиваясь в размерах по горизонтали.

В физико-геологического моделирования процессе широко использовали сейсмические материалы в виде двумерных структурноскоростных моделей, в связи с их высокой геологической эффективностью. Методика построения двумерных структурно-скоростных моделей сформирована на основе комплексирования приемов обработки материалов (отраженные и обменные волны) с учетом достижений последних лет в области решения обратных и прямых задач рефрагированных волн. Уточненные решением прямой задачи двумерные структурно-скоростные модели коры явились хорошей отправной основой для создания исходных плотностных моделей, которые аналогично доведены до удовлетворительного вида итеративным решением прямой задачи гравиразведки с использованием карт наблюденного поля. Наличие карт наблюденного поля в отличие от сейсморазведки дали возможность решения прямой задачи гравиметрии в трехмерном варианте, обеспеченное достаточной плотностью профилей ГСЗ-МОВЗ. Полученные плотностные и структурно-скоростные модели оказались весьма информативными для изучения глубинных слоев земной коры и их геологической интерпретации. Анализ структурно-скоростных и плотностных разрезов линиям региональных профилей, позволил ПО выполнить районирование территории на основе соотношения ее отдельных слоев по типам земной коры (континентальная, реликтовая палеоокеаническая, переходная кора.

Сейсмические исследования сопровождались анализом результатов магнитометрических и гравиметрических наблюдений, позволившие установить блочное строение отдельных горизонтов земной коры, выявить

глубинные разломы, зоны проявления вулкано-магматических комплексов. Моделирование потенциальных полей с привлечением результатов ГСЗ на примере Прикаспийского региона позволил создать методику комплексного анализа геофизической информации применительно к изучению тектоносферы.

Анализ структуры гравитационного поля позволил провести районирование региональных аномалий силы тяжести по югу Прикаспийской впадины, выделив зоны, отличающиеся по амплитудам, размерам в плане, конфигурации и другим характеристикам поля силы тяжести. Геологическая интерпретация этих данных позволяет получить как обобшенное представление о внутренней структуре земной коры региона (анализ регионального поля), так и для детализации строения отдельных блоков и комплексов горных пород (результаты разложения поля на составляющие). Использование трансформации гравиметрического поля, позволили установить на юге Прикаспийской впадины зоны максимумов силы тяжести, возможно связанные с глубинными структурными блоками развития карбонатных комплексов.

Магнитное поле в условиях больших глубин залегания магнитовозмущающих объектов подтверждает тектоно-блоковое строение полеозоид региона. Осложненное локальными аномалиями положительного И поле дало возможность отрицательного знака магнитное построить магнитометрическую модель поверхности фундамент юга Прикаспийской впадины, выделив приподнятые и опущенные блоки и установив общую региональную тенденцию погружения фундамента к центру Прикаспийской впадины.

#### Оценка полноты поставленных задач

Проведенные исследования с использованием вновь полученных геофизических данных показали широкую возможность геофизических методов для изучения глубинного строения нижних горизонтов земной коры, поверхности фундамента, додевонских комплексов и осадочного чехла крупных осадочных бассейнов.

1.По результатам Р-скоростного и плотностного моделирования по линиям региональных профилей составлены карты рельефа и мощности глубинных границ юга Прикаспийской впадины в масштабе 1: 1 500 000, отображающие неоднородности строения различных слоев земной коры и сложные структурные взаимоотношения разнородных блоков низов низах осадочного чехла.

2.Комплексный геолого-геофизических анализ данных верхних Прикаспийского горизонтов земной коры южной части бассейна: сейсморазведки, интерпретации бурения, учета положительных гравиметрических аномалий и области пониженного значения аномального магнитного поля, выделяемые в качестве геомагнитной ступени, возможно использовать для выявления зон накопления средне- и верхнедевонских отложений в относительно приподнятом залегании. Особенностями структур данной области является развитие и формирование крупных унаследованных поднятий в девон–нижне- каменноугольном разрезе, связанных с нефтегазоносностью.

Важным этапом дальнейших исследований, является геологическое обоснование контуров положительных гравитационных аномалий, возможно связанных с поднятием жестких карбонатных блоков, полоса геомагнитной ступени пространственно приуроченной к крупным поднятиям девон-нижне карбоновых комплексов; пространственная связь выявленных локальных отрицательных аномалий магнитного поля с подсолевыми месторождениями нефти и газа в пределах Южного и Юго- Восточного геоблоков.

## Рекомендации и исходные данные по конкретному использованию результатов

Физико-геологическое моделирование на основе геотраверсов С широким применением потенциальных полей, современных на базе теоретических концепций широкого применения современных И компьютерных технологий, образует новый информационный уровень, позволяющий обеспечить корректное формирование моделей глубинных структур южного обрамления Прикаспийской впадины и может быть использовано для изучения глубинного строения в связи с оценкой нефтегазоносности других осадочных бассейнов Казахстана.

Результаты геофизических исследований могут быть использованы для детального геотектонического районирования основания осадочного чехла, выявления положения крупных геотектонических элементов верхних горизонтов и оценки на их основе перспектив нефтегазоносности. Выявленные на основе проведенного анализа закономерности распределения геофизических полей могут стать основой стратегии поисковых работ в рассматриваемом регионе.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Геология нефти. Справочник. - М.: Государственное научно-техническое изд-во нефтяной и горно-топливной литературы, 1960. - 248с.

2. Геология нефти. Справочник. Том 2, книга І. Нефтяные меотрождения СССР / Под редакцией В.Г. Засильева // М.: Недра, 1968.

3. Нефтегазоносные провинции и области СССР. /Под ред. Бакирова А.А. и Рябухина Г.Е. М.: Недра, 1969, С.139-153.

4. Нефтегазоносные провинции СССР. Справочник / Под ред. Г.Х. Дикенштейна, С.П. Максимова и В.В. Сименовича. М.: Недра. 1983. 270с.

5. Геологическая строение Казахстана / Бекжанов Г.Р.; Кошкин В.Я., Никитченко И.И., Скринник Л.И., А.В. Тимуш. Алматы, 2000, 396 с.

6. Методические рекомендации по изучению глубинного строения Казахстана на основе геотраверсов /Любецкий В.Н., Горбунов П.Н., Шацилов В.И. и др. Алмат-Ата, 1990. 101с.

7. Ладынин А.В., ДучковА.Д.Изучение глубинного строения и динамики литосферы Сибири методами гравиметрии и магнитометрии // История развития Института геологии и геофизики СО (АН СССР и РАН) и его научных направлений. – 2010. – С. 566-577

8. Истекова С.А. Комплексные геофизические исследования при изучении глубинного строения Казахстана. //Вестн. КазНТУ. Алматы. -2007.-№4.-С.19-27.

9. Истекова С.А., Жылкыбаева Г.А. «Состояние геофизических исследований в Казахстане» Вестник современной науки, №9, 2015, ч.2, с. 107-115.(РИНЦ).

10. Istekova, S.A., Issagaliyeva, A.K., Aliakbar, M.M.Building the online geological and geophysical database management system for hydrocarbon fields in Kazakhstan // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Volume 3(453), 2022, P. 198–211.

11. Исагалиева А.К., Истекова С.А. Региональные геофизические исследования юга Прикаспийской впадины // Сборник материалов международной научно-практической конференции – Ташкент. 2019. С.330-335

12. Коврижных П.Н., Шагиров Б.Б. Опыт применения высокоточной гравиметрии на стадии разведки надсолевых месторождений нефти и газа в Прикаспийской впадине. //В кн. Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационного, магнитного и электрических полей. Материалы 33-ей сессии Международного семинара им Д.Г. Успенского. Екатеринбург, 2006 г.

13. Умирова Г.К. Истекова С.А. БайгазиеваГ.Т Геофизические исследования и оценки нефтегазоносности юга Прикаспийской впадины в Казахстане. РК, Алматы. Вестник КазНТУ 2015.-№4. С.3-12.

14. Исенов С.М., Каримов С.Г. Состояние геолого-геофизической

изученности и перспективы развития нефтеразведочных работ на казахстанском секторе Каспийского моря. Тезисы. Межд. КонфКазГео. Алматы 2010г.

15. Киинов Л.К., Исказиев К.О., Каримов С.Г.; Коврижных П.Н., Шагиров Б.Б., Высокоточная инновационная аэромагнитная съемка Прикаспийской впадины. Алматы, РК. 2008.

16. Даукеев С. Ж., Воцалевский Э. С.,.Пилифосов В. М и др. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Том 2 Нефть и газ. – Алматы, 2002, 248 с.

17. Abilkhasimov, Kh.B., Istekova, S.A., Nysanova, A.S., Zhylkybayeva, G.A.Features of basin modeling in the evaluation of oil and gas potential of the Caspian basin in Kazakhstan.Geomodel 2016 - 18th Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development, 2016

18. Пилифосов В.М., Огнев А.О. Сейсморазведка методом отраженных волн в восточной части Прикаспийской впадины. -Алма-Ата.: Наука. 1975.

19. Волож Ю.А. Сейсмостратиграфическая модель палеозойскораннемезозойских бассейнов Западного Казахстана. // Сейсмостратиграфические исследования при поисках месторождений нефти и газа. Алма-Ата: Наука. 1990. С. 139-173

20. Волож Ю.А., Милетенко Н.В., Куантаев Н.Е., Липатова В.В. Перспективы развития нефтегазоносных работ в надсолевом комплексе Прикаспийской впадины // В сб.: Недра Поволжья и Прикаспия. Вып. 14. Саратов. 1997. С. 7-11.

21. Волож Ю.А., Милетенко Н.В., Певзнер Л.А., Шлезингер А.Е. Методология глубинного геологического картирования осадочных бассейнов. М.ВНИИгеосистем. 1995. 91 с.

22. Nyssanova, A., Istekova, S., Kalmakhan, N., Role of seismic research in evaluation of the cutoff parts of Caspian depression subsolt sediments potential// News NAS RK, Series of Geology and Technical Sciences. Volume 4 (418), Almaty 2016y. P. 59-67. ISSN 2224-

23. Эйдлин Р.А., Эренбург М.С., Усольцев И.А.Комплексирование МОВЗ и ГСЗ при изучении глубинного строения земной коры Казахстана. // Геофизические исследования при поисках и разведке рудных месторождений в Казахстане: сборник. -Алма-Ата, 1978.-С.211-213.

24. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. / Даукеев С.Ж., Ужкенов Б.С., Любецкий В.Н., Мирошниченко Л.А., Воцалевский Э.С. и др. - Алматы, 2002.- Т.1 -216с.

25. Геодинамика и сейсмичность литосферы Каспийского региона. /Под ред. Б.С.Ужкенова, Е.Нусипова. Алматы, 2008. 352с.

26. Шацилов В.И., Горбунов П.Н. Структура подошвы земной коры Казахстана и сопредельных территорий //EnlandEarthquake, Vol.10. №1, 1996. С.86-92.

27. СтепаненкоН.П., Шацилов В.И., Сайипбекова А.М. Профильная томография литосферы Тянь-Шаня по материалам региональной сейсмологии

//Докл. НАН РК. -1994. -№ 6. - С. 47-52.

28. Шеин В.С., Певзнер Л.А., Горбачев В.И., Гончаренко Б.Д., Астафьев Д.А. Новый подход к изучению глубокопогруженных горизонтов нефтегазоносных бассейнов. Геодинамика и нефтегазоносность осадочных бассейнов СССР. М.: ВНИГНИ. 1991. С. 52-74.

29. Воцалевский Э.С., Куандыков Б.М., Булекбаев З.Е и др., Месторождения нефти и газа Казахстана: Справочник /., - М.: Недра, 1993.

30. Карты прогноза нефтегазоносности Казахстана масштаба 1:2 500 000 /редакторы С.Ж. Даукеев, А.А.Абдулин, Х.А Беспаев и др. –Алматы. 2000г.

31. Воцалевский Э.С., Шлыгин Д.А. Особенности нефтегазоносности палеозойских отложений Прикаспийской впадины // Геология Казахстана. 2000. № 5-6. С.64-87.

32. Г.Ж., Абилхасимов Х.Б. Седиментационныемодели и перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений Прикаспийской синеклизы и Устюрта.//Геология регионов Каспийского и Аральского морей: - Алматы: Казахстанское геологическое общество «КазГЕО», 2004.-472. С.296-306.

33. Справочник: Месторождений нефти и газа Казахстана.- Алматы, 2007.-326с.

34. Куандыков Б.М., Ескожа Б.А. О перспективах расширения потенциала нефтегазовой отрасли страны// Нефть и газ. - Алматы, 2012. - №6 (72). - 41-52

35. Абилхасимов Х.Б. Перспективы поисков крупных месторождений углеводородов на больших глубинах палеозойского шельфа севера Прикаспийской впадины. // Геология и охрана недр//. Казахстанское геологическое общество «КазГЕО»: №4(57) 2015.- с.10-20.

36. Абилхасимов Х.Б. Особенности формирования природных резервуаров палеозойских отложений Прикаспийской впадины и оценка перспектив их нефтегазоносности Издательство: Академия Естествознания. 2016. С

37. Архангельский А.Д. Геологическое строение СССР и его отношение к строению остальной поверхности Земли. М.-Л.: Госгеолиздат,1947.Т. 1.415 с. 38. Яншин А.Л. О глубине солеродных бассейнов и некоторые вопросы формирования мощных соляных толщ // Геология и геофизика, 1961. № 1. С. 3-14.

39. Авров П.Я. Основные черты строения восточной и юго-восточной окраинПрикаспийской впадины по подсолевым отложениям / П.Я. Авров, З.Е. Булекбаев, Р.Г. Гарецкий и др. // Геотектоника, 1965, № 1. С. 118-125.

40. Арабаджи М.С. О продолжении Предуральского краевого прогиба в пределах Прикаспийской впадины / М.С. Арабаджи, Ю.М. Васильев, В.С. Мильничук, М.М.Чарыгин // Сов. геол., 1965, № 7. С. 63-76.

41. Неволин Н.В. Общие черты глубинного геологического строения Западного Казахстана. М.: Недра, 1965. 134 с.

42. Авров В.П. Тектоника и перспективы нефтегазоносности восточнойокраины Прикаспийской впадины: Автореф. дисс. ... канд. геол.минерал. наук. /Валентин Петрович Авров. М.: ИГиРГИ, 1967. 27 с.

43. Сейфуль-Мулюков Р.Б., Чепелюгин А.Б. Новые данные о тектонике

северной бортовой зоны Прикаспийской синеклизы. В кн.: "Нефтегазовая геология и геофизика", Ш І. М., ВНИИОЭНГ, 1967.

44. Кан В.П., Тасыбаев Б.С. Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносно-сти подсолевых отложений восточной части Прикаспийской впадины. Нефтегазовая геология и геофизика. ВНИИОЭНГ. 1978, № 6, с. 17-21.

45. Журавлев В.С. Сравнительная тектоника краевых впадин Русской платформы. - Тез.докл. совещ. по проблемам тектоники (1-6 февр. 1963 г). М.: Изд-воАН СССР, 1962. С. 114-115.

46. Волож Ю.А., Сапожников Р.Б., В.А. Строение земной коры Прикаспийской впадины// Советская геология, 1975. № 11. с. 93-103.

47. Волож Ю.А. Объекты сейсмостратиграфических исследований в Западном Казахстане // Изв. АН КазССР, сер. геол. 1985, № 4. С. 55-59.

48. Волож Ю.А. Эклогитовая модель геодинамического развития Земли /Ю.А. Волож, М.П. Антипов, И.А. Гарагаш, Л.И. Лобковский // Приоритетные направления геологоразведочных работ на территории Приволжского и Южного округов в 2004-2010 гг. (Тез. докл. научно-практич. конф.; Саратов, 29 сент. – 3 окт. 2003 г.). Саратов: ЕАГО, 2003. С. 23-24.

49. Хатьянов Ф.И. О сочленении южной части Предуральского прогиба с Прикаспийской впадиной и о возможных рифах вдоль их бортов. ДАН СССР, т. 157, К» 4. М., 1964.

50. Мовшович Е.В. Проблемы стратиграфии верхней перми и триаса западной части СевероКаспийского нефтегазоносного бассейна //Недра Поволжья и Прикаспия. – 1994. – № 6. – С.33-37.

51. Лацкова В.Ё. Новые данные о строении зоны бортового уступа в северной части Прикаспийской впадины. Нефтегаз. геолог, и геофиз., 1970, А? 10, с.8-12.

52. Кунин Н.Я. Геологическое строение и нефтеносность Прикаспийской впадины: строение земной коры. – В с.: Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности солянокупольных бассейнов материков по геофизическим данным. М.: Недра, 1977, с. 90-95.

53. Бродский А.Я. Строение и нефтегазоносность зоны сочленения Прикаспийской впадины и кряжа Карпинского / А.Я. Бродский, И.Н. Капустин, Л.Г. Кирюхин, Г.И.Розанова // Нефтегазовая геология и геофизика. М., 1981. Вып. 6. С. 5-8.

54. Капустин И.Н. Глубинное строение Нижнего Поволжья // Бюлл. МОИП, отд. геол. 1982, т. 57, вып. 5. С. 21-32

55. Пилифосов В.М. Сейсмостратиграфические модели подсолевых отложений Прикаспийской впадины. Алма-Ата: Наука, 1986. 184 с.

56. Неволин Н.В. Тектоника и нефтегазоносность западного борта Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа, 1998, № 9. С. 18-21.

57. Лисовский Н.Н. Особенности геологического строения и нефтегазоносности подсолевых отложений как основа планирования геологоразведочных работ на нефть и газ в Прикаспийской впадине / Н.Н.

Лисовский, Н.А. Крылов, В.П. Авров, Л.Г. Кирюхин, И.И. Кожевников, Ю.С. Кононов // Нефтегазоносность Прикаспийской впадины и сопредельных районов. М.: Наука, 1987. С. 12-18.

58. Авров В.П. Модель строения и развития нефтегазоносного бассейнаПрикаспийской впадины / В.П. Авров, Н.А. Крылов, Н.Н. Лисовский, А.А. Новиков // Осадочные бассейны и нефтегазоносность. М.:Наука, 1989. С. 84-92.

59. Жолтаев Г.Ж. Строение докунгурских отложений Прикаспийской синеклизы. // Сов. геол., 1989, № 5. С. 74-83.

60. Алешин В.М. Новый взгляд на развитие Прикаспийского региона и сравнительную оценку перспектив нефтегазоносности его частей // Деп. ВВИНИТИ № 1628 В90. Волгоград, 1990. 20 с.

61. Писаренко Ю.А. В.Н. Критический анализ депрессионной и инверсионной моделей Прикаспийской впадины / Ю.А. Писаренко, В.Н. Кривонос // НедраПоволжья и Прикаспия. 1995. Вып. 9. С. 3-10.

62. Волчегурский Л.Ф. Эволюция Прикаспийской впадины в среднем – позднем палеозое / Л.Ф. Волчегурский, Т.В. Владимирова, И.Н. Капустин, Л.М.Натапов // Сов. геол., 1995 № 5. С. 44-49.

63. Рихтер Я.А. Прикаспийская впадина – реликт палеозойского океана? //Недра Поволжья и Прикаспия. Саратов: НВ НИИГГ, 1997. Вып. 12. С. 3-9.

64. Рихтер Я.А. Очерки региональной геодинамики Прикаспийской впадины и ее обрамления // Саратов: Научная книга, 2003. (Тр. НИИГ СГУ. Нов. сер., т.XIV). 86 с.

65. Рихтер Я.А. О природе сочленение Прикаспийской впадины и

Мугоджар // Недра Поволжья и Прикаспия. Вып. 53. Саратов: НВ НИИГГ, 2008.С. 11-19.

66. Рихтер Я.А. Геодинамическая модель формирования Прикаспийской впадины: переход окраинных рифтогенных впадин в глубокие осадочные бассейны // Недра Поволжья и Прикаспия. Вып. 64. Саратов: НВ НИИГГ, 2010. С. 3-18.

67. Мурзагалиев Д.М. Типы континентального рифтогенеза на разновозрастных платформах (на примере области сочленения Восточно-Европейской платформы и Южно-Туранской плиты // Докл. АН, 2000, т. 371, № 2. С. 215-219.

68. Шеин В.С. Прогноз новых зон нефтегазонакопления в Прикаспийскойвпадине на основе структурно-геодинамических критериев / В.С. Шеин, Д.А.

Гаврилов В.П. 69. Геодинамическая модель геологии И нефтегазоносностиПрикаспийской впадины // Материалы конференции "Геология, ресурсы, перспективы нефтегазовых освоения недр Прикаспийской впадины и Каспийскогорегиона". М., 2007. С. 11-12.

70. Бондаренко Н.А. Пограничные структуры платформ Черноморско-Каспийского региона: Автореф. дисс. ... докт. геол.-минерал.наук. 25.00.01/ Николай Антонович Бондаренко. Саратов, 2009. – 37 с., ил. 71. Антипов М.П. Проблемы происхождения и развития Прикаспийскойвпадины / М.П.Антипов, В.А. Быкадоров, Ю.А. Волож, Ю.Г. Леонов // Геологиянефти и газа, 2009, № 3. С. 11-19.

72. Леонов Ю.Г. Консолидированная кора Каспийского региона: опыт районирования / Ю.Г. Леонов, Ю.А. Волож, М.П. Антипов, В.А. Быкадоров, Т.Н. Хераскова. М.: ГЕОС, 2010. 64 с., илл.

73. Куандыков Б.М. Нефтегазоносность палеозойской шельфовой окраины севера Прикаспийской впадины (на примере Федоровского блока) / Б.М. Куандыков, Н.Г. Матлошинский, К. Сентгиорги и др. Алматы, 2011. 280/

74. Современная геодинамика и глубинное строение территории СССР-М.:-Наука,1990-118с

75. Зайченко В.Ю.Формирование современных представлений о строении земной коры и верхней мантии территории СССР.- М. : Наука, МГК т.21, 1984. С. 59-72.

76. Аплонов С.В. Геодинамика глубоких осадочных бассейнов. – СПб.: ЦГИ ТЕТИ С, 2000. – 214 с.

77. Лутц Б.Г. Химический состав континентальной коры и верхней мантии Земли. М., Наука, 1975. 166с.

78. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Том 1: Глубинное строение и геодинамика. Алматы, 2002. 224с.

79. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Нефть и газ. – Алматы. – том 3. – 2002. – 248с.

80. Николаев В. А. Методика геодинамического райони-рования на основе факторного и кластерного анализа: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. М., 2005. 420 с.

81. Гаджиев А.Н. Глубинное строение и перспективы нефтегшазоносности бассейна Каспийского моря. Изд-во «NAFTA-Press», Баку: 2006, 3

82. Глубинное строение и геодинамика Южного Урала (проект Уралсейс). Тверь: ГЕРС, 2001. 286 с.

83. Карта магнитного поля Казахстана. М-б 1:1000000. Гл. редактор Б.С.Ужкенов. /составители Е.Нусипов, О.В. Игнатюк и др.- Алматы, 2001

84. Курскеев А.К. Геофизическая характеристика земной коры Казахстана: – Алма-Ата: Наука, 1977. – 192с

85. Эйдлин Р.А., Эренбург М.С., Усольцев И.А.Комплексирование МОВЗ и ГСЗ при изучении глубинного строения земной коры Казахстана. // Геофизические исследования при поисках и разведке рудных месторождений в Казахстане: сборник. –Алма-Ата, 1978.-С.211-213.

86. Гольдшмидт В.И. Комплексный анализ некоторых геологогеофизических параметров литосферы Казахстана // Изв. АН КазССР. Серия геол. 1987. №6. С.14-23.

87. Голиздра Г.Я. Комплексная интерпретация геофизических полей при изучении глубинного строения земной коры. М.: Недра, 1988. – 212с

88. Мурзагалиев, А.М.Геодинамика Каспийского региона и ее отражение в геофизических полях. Геология нефти и газа, 1998, 2, 10-15.

89. Истекова С.А. Современные методы анализа и интерпретации геофизических данных //Известия НАН РК. Серия геологическая. -2006. -№4 90. Курскеев А.К., Надиров Н.К. Геофизический мониторинг современных геодинамических процессов на нефтегазоносных территориях // Нефть и газ. – 2009. – № 3. – С. 33-38.

91. Горбунов П.Н. Новые принципы комплексной интерпретации данных геофизики при изучении тектоносферы Тянь-Шаня // Доклады НАНРК, №5, 2000.С.56-60.

92. Шацилов В.И., Сайипбекова А.М. Профильная томография литосферы Тянь-Шаня по материалам региональной сейсмологии //Докл. НАН РК. -1994. -№ 6. – С. 47-52.

93. Шацилов В.И., Тимуш А.В., Степаненко Н.П., Кайдаш Т.М., Белоусова Н.П. Особенности строения литосферы Тянь-Шаня и прилегающих территорий //Геодинамические, сейсмологические и геофизические основы прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска: докл. Каз-Росс. конф. 22-24 июня 2004 г. –Алматы, 2005. – С. 118-129

94. Нусипов Е., Оспанов А.Б., Тимуш А.В., Шацилов В.И., Сыдыков А., Садыкова А.Б., Казаков В.В. Сейсмическая опасность территории Западного Казахстана //Современная геодинамика и сейсмический риск Центральной Азии. Пятый Казахстанско-Китайский международный симпозиум. Алматы. 2004. С. 94-103.

95. Истекова С.А. Глубинное строение, геодинамика и размещение полезных ископаемых в Южном Прибалхашье. Диссертация на соисконие ученой степени доктора геолого-минералогических наук-2010.

96. Курскеев А.К. Справочник физических свойств горных пород Казахстана. –Алма-Ата:Наука, 1977. -245с.

97. Физические свойства минералов и горных пород при высоких термодинамических параметрах. /Под ред. М.П. Воларович.–М.: Недра, 1988. – 225 с

98. Шацилов В.И., Горбунов П.Н., Степаненко Н.П. и др. Скоростные модели земной коры Казахстана. –Алмата: Евразия, 1993. -105 с.

99. Курскеев А.К. Геофизические неоднородности литосферы. – Алматы: Гылым, 1996. – 168 с.

100. Шацилов В.И. Методика составления двумерных структурно-скоростных моделей земной коры //Методические рекомендации по изучению глубинного строения Казахстана на основе геотраверсов. –Алма-Ата,1990. –С. 28-34.

101. Степаненко Н.П. Многопараметрическое моделирование земной коры сейсмоактивных районов юго-востока Казахстана: автореф. канд. техн.наук.-Алматы, 2006.-20с.

102. И. С. Сейсмически е сследовании я земно й коры в СССР. М., «Недра», 1973, с. 208

103. Ступак В.М. Сейсмические изображения глубинного строения Земли. – СПб.: Научно-популярный обзор современного состояния сейсмических исследований глубинного строения Земли. «Печатный элемент», 2017. 306 с

104. Нусипов Е.Н., В.И. Шацилов и др. Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана. Пояснительная записка к «Геодинамическому атласу Казахстана».- Алматы, 2007.-411с.

105. Геодинамика и сейсмичность литосферы Каспийского региона. – Алматы, 2008. – 352 с.

106. Д. К. Ажгалиев, С. Г. Каримов, П.Н. Коврижных, ББ. Шагиров. Особенности строения и развития карбонатов в Шацилов В.И., Горбунов П.Н., Белоусова Н.П., Степаненко Н.П. Строение тектоносферы Тянь-Шаня на основе новой геофизической информации // InlandEarthquake, vol. 11, №3, Urumqi, 1997. С. 265-272.

107. Степаненко Н.П., Белоусова Н.П., Кайдаш Т.М. Разработка двумерных плотностных моделей земной коры и подкоровой мантии Казахстана // Известия НАН РК. Серия геология и технических наук, №422 (2017). С.107-115.ISSN 2224-5278.

108. Волож Ю. А., Антипов М.П., Гарагаш И. А., Лобковский Л. И. Эклогитовая модель формирования Прикаспийской впадины / / Осадочные бассейны: Методика изучения, строение и эволюция /Ред. Ю.Г. Леонов, Ю.А. Волож. М.: Научный мир, 2004. С. 471-486. (Тр. ГИН РАН; Вып. 543)

109. Слепак З.М. Гравиразведка в нефтяной геологии. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2005. – 222 с.

110. Истекова С.А. Изучение глубинного строения земной коры гравитационными методами // Геология и охрана недр. – Алматы. – №4(45).

111. С.Г. Бычков Эволюция программно-алгоритмического обеспечения обработки и интерпретации гравиметрических материалов / С.Г.Бычков, А.А.Симанов // Горное эхо. Вестник Горного институтаУрО РАН. Пермь. – №2. – 2007. – С. 38-42.

112. Серкеров С.А. Спектральный анализ в гравиразведке и магниторазведке. М.: Недра, 1990. – 279с.

113. Никитин А.А. Статистические методы выделения геофизических аномалий. М.: Недра, 1979. – 280с.

114. Oreshkin, I.V., Novikov, S.A., Nysanova, A.S., Istekova, S.A.Oil and gas fields geological zoning in the Kazakhstan sector of the Caspian petroleum province//NeftyanoeKhozyaystvo - OilIndustryt, 2016, Volume 10, P. 10–13

115. Матусевич В.В. Объемное моделирование геологических объектов на ЭВМ. М., Недра. 1988.

116. Матусевич А.В.Гравиразведка Прикаспийской впадины. – Ливны: Издатель Мухаметов Г.В., 2013. – 176 стр

117. Горбунов П.Н., Кленчин Н.Н. Методы разделения физических полей концентраций на составляющие путемизучения параметров их статистической структуры. - Системная обработка информации при геохимических поисках залежей нефти и газа. М., ВНИИЯГТ, 1979, с. 35-41

118. Исагалиева А.К., Исаев В.И., Истекова С.А. Методика интерпретации гравиметрических данных при построении геологической модели земной коры Прикаспийского региона //Вестник КБТУ № 2. 202. - С 21-30

119. Исагалиева А.К., Истекова С.А. Возможности гравитационных методов при изучении глубинного строения земной коры Прикаспийской впадины. // Международный научно-практический журнал «Global scienceandinnovations 2020: Central Asia», № 3(3). Февраль-март 2020, серия «Науки о Земле» – С.99-104.

120. Л. Киинов, К. Исказиев, С. Каримов; П. Коврижных, Б. Шагиров Высокоточная инновационная аэромагнитная съемка Прикаспийской впадины"Журнал PETROLEUM". Специальный выпуск, посвященный выставке ATYRAU OIL & GAS - 2014 2 (86), апрель 2014

121. Дучков А.Д., Чедия О.К., Сабитова Т.М. и др. Тепловой поток средней Азии //Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных регионов. международный симпозиум: Тез докл. -Бишкек, 2003. -С.14-

122. Степаненко Н.П. Объемное температурное моделирование земной коры центральной части Тянь-Шаня. //Известия НАН РК Серия геологическая. – 2006. -№1. – С. 53-57.

123. Шацилов В.И., Степаненко Н.П. Геофизические критерии выявления очаговых зон сильных землетрясений на Тянь-Шане //сб. материалов 2-го международного симпозимума. –Бишкек, 2003. -С.164-179.

124. Моисеенко У.И., Смыслов А.А. Температура земных недр. –Ленинград: Недра, 1986.

125. Уломов В.И. Глобальная упорядоченность сейсмогеодинамических структур и некоторые аспекты сейсмического районирования и долгосрочного прогноза землетрясений. //Сейсмичность и сейсмическое районирование СевернойЕвразии. –М., 1993. –Вып. 1.-С. 24-44–180 с.

126. Бычков С. Г. Методы обработки и интерпретации высокоточных гравиметрических наблюдений при решении геологических задач. Автореф. диссерт. на соиск.ученой степени док. геол.-минера. наук. Пермь –2010

127. Интерпретация магнитных и гравиметрических данных. Метод. указания. В.А. Кортунов, Е.Н.Суховеева-Владивосток: изд-во ДВГТУ, 2004-47с.

128. Чамо С.С. Глубинное тектоническое строение восточного борта Южно-Каспийской впадины по данным КМПВ //Прикладная геофизика, вып. 35, 1962. – С. 19-29.

129. Померанцева И.В., Марготьева М.В. К вопросу о природе волн, регистрируемых при глубинном сейсмическом зондировании //Глубинное сейсмическое зондирование земной коры в СССР. – Ленинград: Гостоптехиздат, 1962. – С. 165-186.

130. Вольвовский И.С., Вольвовский Б.С. Разрезы земной коры территории СССР по данным глубинного сейсмического зондирования. – М.: Советское радио, 1975. – 262 с.

131. Пушкарев И.К., Хрычев Б.А., Иванов А.П. Изучение глубинного строения земной коры в Казахстане по профилю Темиртау-Терс-Аккан. /Геофизические исследования в Казахстане. – Алма-Ата: Казахстан, 1965. – С. 28-35.

132. Кайдаш Т.М. Результаты переинтерпретации материалов ГСЗ по северному борту Прикаспийской впадины //Докл. Каз-Росс. конф. 22-24 июня

2004 г. – Алматы, 2005. – С. 341-346.

133. Горбунов П.Н., Шацилов В.И., Степаненко Н.П., Белоусова Н.П. Геофизическое моделирование литосферы сейсмоактивных и асейсмичных территорий Казахстана //InlandEarthquake. – 1995. – Vol.9, №2. – Р. 171-183.

134. Кайдаш Т.М. Особенности глубинного строения сейсмоактивных районов Казахстана по материалам взрывной и невзрывной сейсмологии.

Диссертация на соискание ученой степени: к.г.-м.н., 2008.

135. Шацилов В.И., Тимуш А.В. Новые представления о литосфере Казахстана //Науки о Земле в Казахстане (Доклады казахстанских геологов к международному геологическому конгрессу МГК-33). Алматы, 2008. С.9-22.-136. Д. К. Ажгалиев, С. Г. Каримов.Тектоника девонского комплекса южной части Прикаспийского бассейна (Казахстан) по данным комплекса геологогеофизических методов // Геотектоника, 2020, № 4, стр. 84-100

137. Карта локальных аномалий силы тяжести Республики Казахстана, масштаб 1 : 2000000 / С.Ж. Даукеев, И.Ю. Шнейдер, Э.С. Воцалевский, А.Л. Киселев и др. (ред.). Алматы: МСХ РК, 2000

138. Абилхасимов Х.Б. Тектоническое строение фундамента Прикаспийской впадины. «Геология и охрана недр». Казахстанское геологическое общество «КазГЕО» № 4 2012, с.30-39

139. Сегалович В. И., Волож Ю.А, Антипов М.П., Васильев О.А. Природа Северо-Каспийской гравитационнойаномалии / / Геотектоника. 2007. № 3. С. 30-45.

140. Исказиев К.О.,, Ажгалиев Д.А. О перспективах поисков малосернистой нефти Казахстана // Нефть и газ в Казахстане. -2014. -№3. –С.54-63

141. Жолтаев Г.Ж. Тектоника Большого Каспия //Нефть и газ. 2003. № 1. С. 13–23.

142. Воцалевский Э.С., Куандыков Б.М., ПилифосовВ.М.и др. Карта прогноза нефтеносности Казахстана, масшиаба 1:2 500 000 / С.Ж.Даукеев, Б.С. Ужкенов, А.А.Абдуллин и др., (ред.). Алматы: ИАЦ 2002

143. Акчулаков У.А. Новая ресурсная база глеводородов Республики Казахстан и пути возможной их реализации / Нефтегазоносные бассейны Казахстана и перспективы их освоения // Под ред. Б.М. Куандыкова, М.С. Трохименко, К.М. Таскинбаева и др.: ОО «КОНГ». -Алматы. - 2015. - 476с.

144. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона / Отв. ред. Уткин В.И. Екатеринбург, 2001. 126с.

145. Годин Ю.Н., Вольвовский Б.С., Вольвовский И.С., Фоменко К.Е. Изучение строения земной коры при региональных сейсмических исследованиях на Русской платформе и в Средней Азии // Изв. АН СССР, сер. геофиз., №10, 1961. С.1464-1471.

146. Булин Н.К., Егоркин А.В. Региональный прогноз нефтегазоносности недр по глубинным сейсмическим критериям. М.: ГЕОН, 2000. 194с

147. Корнев В.А., Луцук Е.М., Сунгуров А.М. Основные черты тектоники Каспийского моря по данным морских геофизических исследований // Сов. геология, №12, 1962. С.80-99.

148. Исаев В. И., Искоркина А.А., Лузянин В.А. Исагалиева А.К. Геотермия как метод разведочной геофизики // 16-й Уральскаямолодежнаянаучная школа по геофизике: Сборник научных материалов. - Пермь: ГИ УрО РАН, 2015.С.167-174 (на примере оценки ресурсов углеводородов неокома Западной Сибири.

149. Г.А. Лобова, А.К.Исагалиева В.И. Исаев, Е.М. Ахметов. Геотермия как метод разведочной геофизики (на примере оценки ресурсов углеводородов доюрского основания Западной Сибири) // Вестник ИНГ им.К.Сатпаева. Серия геологии и технических наук 2.2015. С.84-94

150. Issagaliyeva A.K., Istekova S.A., Aliakbar M.M. Geophysical data complex interpretation techniques for studies of the earth crust deep horizons in the north Caspian region. // News of the academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. Volume 5, Number 449 (2021), 61-67

151. Исагалиева А.К., Истекова С.А. Изучение глубинного строения земной коры Прикаспийского региона гравитационными методами // Материалы конференции «Сатпаевские чтения -2020». Том 2. С.46-51.

152. Исагалиева А. К., Истекова С. А. Методика построения двумерной плотностной модели земной коры Прикаспийского нефтегазоносного бассейна. Высшая школа: научные исследования. Материалы Межвузовского научного конгресса (г. Москва, 14 мая 2020 г.). Том 2. – Москва: Издательство Инфинити, 2020. – С.164-174.

153. Исагалиева А.К. Состояние информационной базы геофизических данных для геодинамического районирования юга Прикаспийской впадины. Вестник КазНИТУ № 4 (140). – 2020. - С.66-74.

154. Модель литосферы северного Прикаспия (Казахстан)по линиям региональных сейсмических профилей //ХІІ Международная научно-практической конференция «Global science and innovations 2021: Central Asia, C.83-88

155. Issagaliyeva A. Studying of wells of oil and gas deposits by geophysical logging. // Международная научно-практическая конференция «Парадигмальный характер фундаментальных и прикладных научных исследований, их генезис»: сборник научных статей. – Санкт-Петербург. СПб.: Изд-во «КультИнформПресс», 2019.- С. 18-22

156. Issagaliyeva, S.Istekova, N.Uzbekov. The Structure of The Earth's Crust in the Pre-Caspian Region According to Seismogravity Data //Geotechnical and Geological Engineering. - Vol. 40 (11), P. 5411 – 5424, November 2022.

157. Тепловой поток, очаги генерации нефти и районирование доюрского комплекса Бакчарской мезовпадины и ее обрамления (юго-восток Западной Сибири) И. Исаев, Г. А. Лобова, А. С. Меренкова, Е. Н. Осипова // Разведка и охрана недр. — 2022. — № 1. — С. 27-37.

158. Палеозойские и мезозойские очаги генерации углеводородов и оценка их роли в формировании залежей доюрского комплекса Западной Сибири / В. И. Исаев, М. Ф. Крутенко, Г. А. Лобова [и др.] // Георесурсы научно-технический журнал: . — 2022. — Т. 24, № 3. — С. 17-48.

159. Тепловой поток и нефтегазоносность северо-восточной части Томской области / Г. А. Лобова, А. С. Меренкова, В. И. Исаев, С. Г. Кузьменков // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2021. — Т. 332, № 7. — С. 114-123 160. Палеотемпературное моделирование очагов генерации углеводородов и их роль в формировании залежей «палеозойской» нефти (Останинское месторождение, Томская область) = / В. И. Исаев, М. Ф. Галиева, А. О. Алеева [и др.] // Георесурсы научно-технический журнал: .— 2021. — Т. 23, № 1. — С. 2-16.

161. Карта глубинного тектонического строения Казахстана. М-б 1:250000 /ред. С.Ж. Даукеев и др.- Алматы, 2002.

162. Воцалевский Э.С., Даукеев С.Ж., Коломиец В.П., Комаров В.П., Парагульгов Х.Х., Пилифосов В.М., Шлыгин Д.А. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана / Нефть и газ.Т.3 – Алматы, 2002. - 248 с.

163. Осадочные бассейны: Методика изучения, строение и эволюция / Ред. Ю.Г. Леонов, Ю.А. Волож. М.: Научный мир, 2004. 525 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 543)

164. Рихтер Я.А. Эволюция Прикаспийской впадины/ / Недра Поволжья и Прикаспия. 1997. Вып. 2.

165. Ж.Н.Марабаев, Г.Ж.Жолтаев, С.Утегалиев и др.Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Северного и Среднего Каспия.- 2005.-194 с: ил. 42

166. Жолтаев Г.Ж. Нефтегазоносные бассейны Казахстана с позиции плитной тектоники // Глубинное строение и металлогения Казахстана. Алматы: Наука, 1997. С.71-78.

167. Карта консолидированной коры Каспийского региона в масштабе 1:2 500 000. Ред. Ю.Г. Леонов, Ю.А. Волож. М.: Научный мир, 2004.

168. Леонов М.Г., Леонов Ю.Г. Понятие ≪консолидированная кора», природа ее границ и явление вертикальной аккреции // Вертикальная аккреция земной коры: Факторы и механизмы / Ред. М.Г. Леонов. М.: Наука, 2002. С. 388-408. (Тр. ГИН РАН; Вып. 542)

169. Буваев Н.А., Пийп В. Б. Глубинное строение Южно-Каспийской впадины по сейсмическим данным / / Веста. МГУ. Сер. 4, Геология. 2004. N° 3. С. 60-64.

170. Дмитриевский А.Н., Волож Ю.А. Ресурсные загадки Каспийского региона / / Мировая энергетика. 2008. № 10 (58). С. 56-59.

171. Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Леонов Ю.Г. Милетенко Н.В., Ровнин Л.И. О стратегии очередного этапа нефтепоисковых работ в Прикаспийской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика.2009. Т. 50, N9 4. С. 341-363.

172. Волож Ю.А., Антипов М.П., Варшавская И.Е., Куандыков Б.М., Трохименко М.С., Милетенко Н.В. Каспийский регион: проблема поиска углеводородов на больших глубинах, возможные пути ее решения // Труды

ОНГК. - Алматы, 2014. - Вып. 4. - С.20-34.

173. Глумов И.Ф.уМаловицкий Я.П., Новиков А.А., Сенин Б. В. Региональная геология и нефтегазоносностьКаспийского моря. М.: ООО ≪Недра-Бизнесцентр≫, 2004. 342 с.

174. Бражников О.Г. Перспективы нефтегазоносности Прикаспийской впадины с позиции тектоники плит: Автореф. ... д-ра геол.-минерал, наук. М.: ГАНГ, 1993. 66 с

175. Бабаев Д.Х, Гаджиев А.Н. Глубинное строение и перспективы нефтегазоносности бассейна Каспийского моря. - Баку: Nafta-Press, 2006. - С. 304.

176. Шацилов В.И. Региональные особенности строения земной коры в связи с сейсмичностью // Сейсмическое районирование Республики Казахстан. Алматы: Эверо, 2000. С.65-74.

177. Курскеев А.К., Тимуш А.В., Шацилов В.И., Сыдыков А., Горбунов П.Н., Садыкова А.Б.Сейсмическое районирование Республики Казахстан. Алматы: Эверо, 2000. 220с.

178. Волож Ю.А., Быкадоров В.А., Антипов М.П., Быкадоров И.В., Парасына В.С., Постникова И.С., Сапожников Р.Б., Хераскова Т.Н. Нефтегазоперспективные объекты палеозойского подсолевого разреза Прикаспийской впадины // Нефтегазовая геология. Теория и практика. -2019.- Т.14.- №4

179. Ажгалиев Д.К. Девонские отложения — перспективное направление поисковых работ на нефть и газ в Прикаспийском бассейне // Георесурсы. 2017. Т. 19.№ 2. С. 111—116.

180. Ажгалиев Д.К., Каримов С.Г., Исаев А.А. Региональ-ное изучение следующий важный этап в оценке нефтегазоносного потенциала осадочных бассейнов Западного Казахстана // Георесурсы. 2018.№ 20 (1). С. 16—24.

181. Алиева С.А. Геодинамические и геологические факторы образованиякрупных месторождений углеводородов в подсолевых отложениях Северо-Каспийского региона. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2020;63(2):47—60

182. Мурзагалиев, А.М. Геодинамика Каспийского региона и ее отражение в геофизических полях. Геология нефти и газа, 1998, 2, 10-15

183. Кузин А.М. Модель глубинного строения Прикаспийской впадины по данным региональных сейсмических наблюдений МОГТ-ГСЗ и месторождения углеводородовЭлектронное научное издание Альманах Пространство и Время Т. 13. Вып. 1 • 2016