

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

---

---

*На правах рукописи*

**АБДУЛЛАЕВ НАЗИМ РАСМИ ОГЛЫ**

**ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА И  
ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ  
ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА**

2521.01 - Геология, поиски и разведка  
нефтяных и газовых месторождений

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии по наукам о Земле

**БАКУ – 2015**

Работа выполнена в Институте геологии и геофизики НАНА

**Научный руководитель:** академик,  
доктор геолого-минералогических наук,  
профессор **И.С.Гулиев**

**Официальные оппоненты:**

Член-корр. НАНА,  
доктор геолого-минералогических наук,  
**Э.Г.-М. Алиева**

доктор философии по наукам о Земле,  
доцент **М.Ф.Тагиев**

**Ведущая организация:** Кафедра «Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений» Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии

Защита состоится 30 сентября 2015 г. в 14<sup>30</sup> часов на заседании Диссертационного Совета D 01.081 при Институте геологии и геофизики Национальной Академии наук Азербайджана.

Адрес: Az1143, г. Баку, пр. Г.Джавида, 119

Факс: (499412) 537 22 85. E-mail: gia@azdata.net

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геологии и геофизики Национальной Академии наук Азербайджана.

Автореферат разослан «\_\_\_» августа 2015 г.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета D 01.081  
доктор философии  
по техническим наукам



Д.Р.Мирзоева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Каспийский регион, в частности Южно-Каспийский бассейн (ЮКБ) Азербайджана, является одним из основных источников нефти и газа настоящего времени и ближайшего будущего. Потенциал бассейна реализуется благодаря таким масштабным проектам, как трубопровод Баку-Тбилиси-Джейхан, Азери-Чираг-Гюнешли, Шах-Дениз. Тем не менее, динамичная углеводородная система ЮКБ еще мало изучена и принесет немало сюрпризов в будущем.

В течение последних двух десятилетий национальной нефтяной компанией, а также многими зарубежными нефтяными компаниями, работающими в акватории Южно-Каспийского бассейна (ЮКБ), был собран и проинтерпретирован огромный фактологический материал, включая региональную базу высококачественных двухмерных и трехмерных сейсмических данных, а также скважинных данных, собранных при разведочном бурении, что позволило сформировать более четкую картину эволюции бассейна. Были открыты новые месторождения, самым значительным из которых является гигантское газовое месторождение Шах-Дениз, пробуренное в 1999 году. Начиная с середины 1990-х годов в акватории ЮКБ было пробурено более 15 современных морских скважин с максимальной глубиной до 7100 метров. За этот период накоплен большой опыт, в практику поисково-разведочных работ были внедрены новые подходы и технологии. Одним из подходов к изучению бассейна (basin analysis) является комплексный подход, основанный на обобщении сейсмических, сейсмологических и геологических данных, на моделировании бассейна и синтезе существующей литературы. Компания British Petroleum (BP), в которой работает автор, провела региональные исследования на основе новейших сейсмических данных, их обработку и интерпретацию, корреляцию со многими имеющимися сейсмическими, каротажными и керновыми данными по ЮКБ. BP были также проведены исследования по эволюции ЮКБ. Эти работы, в которых автор принимал непосредственное участие в течение последних 10 лет, и служат основой данного труда.

Проведенный синтез теории эволюции ЮКБ и новейших наблюдений обосновывает актуальность данной работы. В частности, построенная на основе синтеза геодинамическая модель эволюции бассейна позволяет пролить свет на некоторые неясные моменты развития ЮКБ:

такие как механизмы его погружения и пространственно-временная неравномерность осадочного заполнения, включая различия по речным системам, заполнявшим бассейн осадками, и изменение привноса осадочного материала в бассейн из этих речных систем во время накопления Продуктивной толщи (ПТ) и в верхнем плиоцене, и в плейстоцене.

**Цель работы.** Воссоздание процесса образования и заполнения ЮКБ осадками путем комплексного моделирования погружения и на основе этого проведение анализа перспектив нефтегазоносности всего осадочного чехла ЮКБ.

**Объекты исследования и исходные данные.** Настоящая работа, в отличие от ранее выполненных многочисленных работ, посвященных этой проблеме, ориентирована на: обзор и обобщение современных геологических и геофизических данных, интеграцию моделирования литосферы и осадочного чехла ЮКБ, количественную оценку процессов заполнения бассейна осадками и их денудации на бортах бассейна.

По всему Южно-Каспийскому бассейну автором совместно с коллективом геологов и геофизиков ВР по обширной сетке профилей было проведено картирование большого количества сейсмических горизонтов, в том числе и на профилях с 20-секундной записью сейсмического материала.

#### **Основные задачи исследования**

1. Изучение процесса эволюции осадочного чехла с использованием данных региональных сейсмических разрезов, карт изопахит и трехмерных объемных моделей бассейна;

2. Двумерное моделирование разреза литосферы для оценки ее эволюции с учетом уточнения земной коры в результате спрединга и последующего погружения и заполнения осадками;

3. Подсчет количества осадков и их объема по разрезу и скорости осадконакопления, в целом, по бассейну и по регионам;

4. Описание эволюции притока осадков через дренажные системы, исследование денудации бортов бассейна в третичный период и сравнительный анализ морфологии речных систем, впадающих в Каспийское море;

5. Подсчет коэффициентов накопления и денудации осадков по каждой из входящих речных систем (впервые для ЮКБ);

6. Категоризация нефтегазоносности районов и стратиграфических интервалов ЮКБ, основанная на комплексном анализе осадконакопления, объема речных систем и глубины залегания коллекторов. Вы-

явление регионов, наиболее благоприятных для нефтегазонакопления, в пределах которых должны быть сконцентрированы дальнейшие поисково-разведочные работы.

### **Научная новизна.**

1. На основании проведенного анализа результатов интерпретации современных геологических и геофизических данных в акватории ЮКБ путем использования прямого и обратного моделирования погружения бассейна по двумерным геосейсмическим разрезам установлено, что:

- рифтогенез является возможной причиной образования ЮКБ и наличия коры океанического типа;

- наблюдаемый характер погружения и осадконакопления в бассейне можно объяснить процессом седиментационной нагрузки на утонченную кору океанического типа с загасающим термальным погружением;

- изначальная геометрия бассейна, контролируемая типом и мощностью коры и значением бета-фактора, обусловила неравномерность заполнения его осадками.

2. Разработан новый комплексный подход к изучению эволюции бассейна, включающий в себя итеративный алгоритм моделирования погружения бассейна с флексурной нагрузкой (бекстриппинг), прямое моделирование растяжения коры и рифтогенеза, и интеграцию с гравиметрическими и сейсмическими данными.

3. Впервые подсчитана скорость осадконакопления по эффективному объему осадков в бассейне путем использования усредненной мощности пород в различных участках бассейна. Изучен новый механизм денудации бортов ЮКБ и установлена ее связь со скоростью осадконакопления.

### **Основные защищаемые положения.**

1. Рифтогенез с дальнейшим термальным затуханием и седиментационной нагрузкой на утонченную кору океанического типа является причиной образования и погружения литосферы Южно-Каспийского бассейна

2. Единая модель эволюции осадочного чехла Южно-Каспийского бассейна, учитывающая тип коры, погружение бассейна, объем осадков, палеогеографические условия, скорости осадконакопления и денудации дренажных систем, выпадающих в бассейн.

3. Методика категоризации перспектив нефтегазоносности по

районам и стратиграфическим интервалам ЮКБ, основанная на комплексном анализе скорости осадконакопления, объема осадков, их литолого-стратиграфических и палеогеографических особенностей.

#### **Практическая значимость работы.**

Построенные двумерные модели погружения ЮКБ могут быть использованы для выявления характерных особенностей литосферы и осадочного чехла и построения более точной трехмерной модели теплового потока в центре ЮКБ, что создает основу для понимания процессов нефтегазообразования и миграции углеводородов.

Анализ трехмерной архитектуры осадочного чехла и влияния морфологии погружения на распределение осадков может быть использован для прогнозирования наличия и протяженности коллекторов в бассейне, где скважинные данные ограничены.

**Личный вклад соискателя.** Все результаты, составляющие содержание диссертации, получены автором самостоятельно с использованием моделирующих пакетов компании Badleys по погружению “FlexDecomp” и “Stretch”, гравиметрического пакета “GM-SYS” компании Geosoft и пакета “Trinity” компании Zetaware для построения карт. Автор вместе с сотрудниками разведочной группы компании ВР принимал непосредственное участие в выполнении научных исследований в акватории ЮКБ, интерпретации сейсмических данных, построении карт изопакит (мощностей), палеогеографических карт и моделировании бассейна, которые послужили исходной базой данной работы. Автором подсчитан объем осадков и скорости осадконакопления и денудации в 30 стратиграфических интервалах. Все графики, использованные в работе, построены автором самостоятельно.

**Апробация работы.** По теме диссертационной работы имеется 17 публикаций, в том числе 9 статей и 8 расширенных тезисов докладов. Результаты исследований докладывались на 8 международных конференциях:

1. AAPG Regional International Conference. Istanbul, Turkey, 2000.
2. AAPG/ASPG Hedberg Research Conference: Sandstone Deposition in Lacustrine Environments: Implications for Exploration and Reservoir Development, Baku, Azerbaijan, 2004.
3. AAPG International Conference and Exhibition, Perth, Australia, 2006.
4. EAGE Regional Conference: Petroleum Geology & Hydrocarbon Potential of Caspian and Black Sea Regions, Baku, Azerbaijan, 2008.

5. AAPG European Region Annual Conference Exploration in the Black Sea and Caspian Regions, Kiyev, Ukraine, 2010.
6. ASPG/EAGE International Conference “Integrated Approach for unlocking hydrocarbon resources”, Baku, Azerbaijan, 2012.
7. DARIUS and Conference: Central Asia Workshop, Bonn, Germany, 2013.
8. AAPG European Conference Petroleum Systems of Paratethys: Exploring pathway from Europe to Asia, Tbilisi, Georgia, 2013.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 152 стр. текста и включает 5 таблиц и 70 рисунков.

Работа выполнена автором в период работы геологом в компании ВР и будучи аспирантом Института Геологии и Геофизики НАНА.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, академику, вице-президенту НАНА, доктору геолого-минер. наук, проф. И.С.Гулиеву, а также академику НАНА, доктору геолого-минерал. наук, проф. П.З.Мамедову (АГНА), член-корр. НАНА, доктору геолого-минерал. наук А.АФейзуллаеву, доктору Г.Райли (ВР) и Д.Веберу (Университет Миссури) за ценные советы, оказанную помощь и большое внимание при выполнении работы. Автор также выражает благодарность компании ВР за разрешение опубликовать данные и компании Badleys, в частности доктору А.Робертс, которые позволили мне использовать при выполнении данной работы свои программы по моделированию литосферы.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований, перечислены три основных положения, выносимые на защиту, а также отражена научная новизна работы. Также кратко перечислены предыдущие работы и исследования по геологии ЮКБ, которые использовал автор.

Главы работы разбиты по защищаемым положениям. Так глава первая и вторая относятся к первому защищаемому положению, третья, четвертая и пятая отражают второе защищаемое положение, а шестая глава отражает третье защищаемое положение.

**В первой главе работы** проводится обзор структуры осадочного чехла ЮКБ по опубликованным данным. Начинается этот обзор со

структуры литосферы под осадочным чехлом. Согласно сейсмическим данным ГСЗ и телеметрии под мощным осадочным чехлом ЮКБ на глубине 25-27 км залегает тонкая земная кора мощностью до 5-6 км в западной части и более 10 км в восточной части. В то же время, на бортах бассейна в Куринском прогибе и Западной Туркмении мощность литосферы составляет 30-40 км, что соответствует глобальным значениям консолидированной континентальной коры. Гравитационное поле ЮКБ характеризуется большим разнообразием и отличается значительными изостатическими аномалиями, описанными в исследованиях П.З.Мамедова, 2008, 2010. Автор дает сравнительный анализ описания этих аномалий. Неравномерности в верхней части коры и возможное погружение ее под Абшеронский порог также затронуты в работе.

Далее в главе приводится информация о породах юрского, мелового периодов, палеоцена и эоцена. Особо отмечены олигоцен-миоценовые комплексы пород, а также речные, дельтовые и озерные комплексы нижнего плиоцена, подробно описанные в работе Абдуллаев и др., 2006; Abdullayev и др., 2012. Автор при описании цикличности плиоценового разреза ЮКБ, основываясь на исследованиях Мамедов, 1992 и Abdullayev и др., 2012, использует терминологию стратиграфии последовательностей применительно к ЮКБ и показывает, что Продуктивная толща (ПТ) нижнего плиоцена представляет собой тракт системы низкого уровня моря по терминологии стратиграфии последовательностей (*lowstand systems tract*). Он отделен несогласием от нижезалегающего тракта систем высокого уровня моря понтического яруса. Этот крупномасштабный тракт системы низкого уровня моря демонстрирует сначала проградационную геометрию фаций, затем агградационную (намывную) и, наконец, отступающую геометрию (вдоль профиля Палео-Волги). Сверху ПТ размывают глинистый трансгрессионный пласт акчагыла, называемый поверхностью максимального морского заводнения (*maximum flooding surface*), за которым следует еще один тракт систем высокого уровня моря, представленный абшеронской свитой плиоцена и квартера. Осадконакопление в ЮКБ происходило неравномерно во времени и пространстве, что было связано с неоднородностями фундамента ЮКБ и различным уровнем заполнения осадками из четырех различных палеоречных систем: Волги, Куры, Амударьи и Сефидруда.



**Во второй главе** содержится описание процесса погружения и осадконакопления в ЮКБ с помощью компьютерного моделирования геосейсмического разреза.

Важной проблемой, затронутой большим количеством исследователей, является прогибание (flexure) фундамента и погружение (subsidence) осадочного чехла ЮКБ до 25-30 км. Автор, опираясь на предыдущую работу Green и др., 2009, придерживается идеи, что ЮКБ раскрылся как рифт задугового бассейна (back-arc basin) в период между верхней юрой и серединой мелового периода, так как это подтверждается результатами моделирования. Кривые, так называемого, тектонического погружения и прогибания, созданные посредством разуплотнения осадочных комплексов, демонстрируют экспоненциально убывающую тенденцию изостатического погружения, подобно тому, что ожидается в остывающей океанической коре по Parson и Sclater, 1977. Чтобы понять эволюцию погружения Южно-Каспийского бассейна, в данной работе было предложено комбинированное структурное и стратиграфическое моделирование бассейна по трем региональным разрезам, пересекающим ЮКБ.

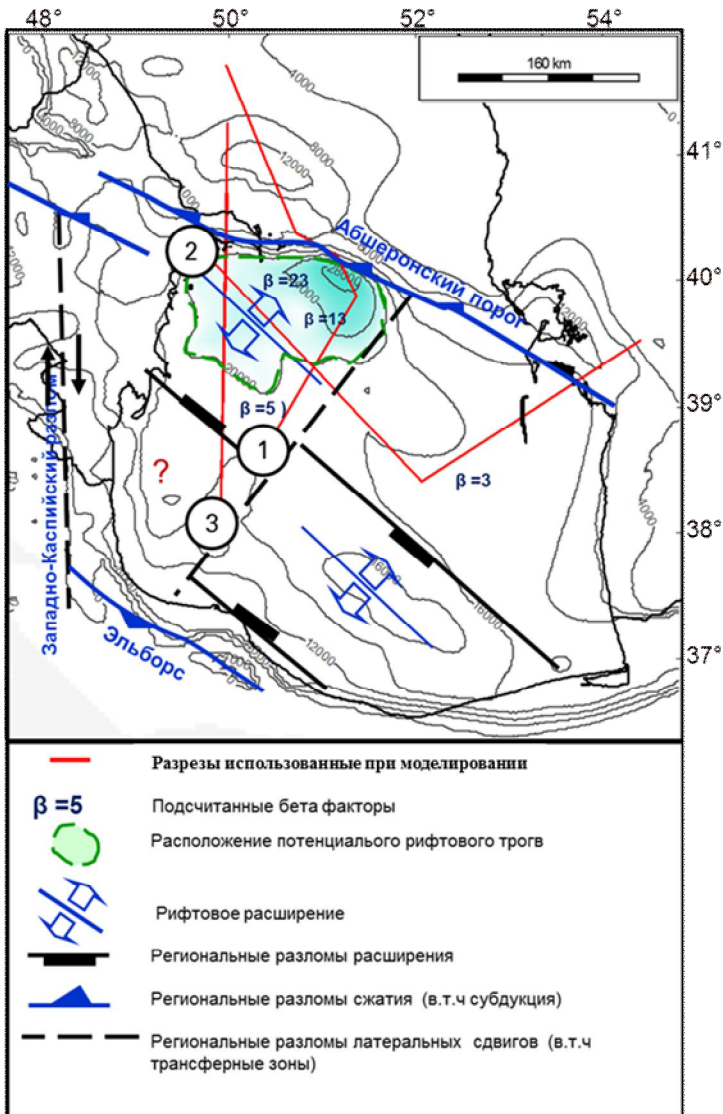
Автор промоделировал 3 реальных стратиграфических профиля, совпадающих с некоторыми 20-ти секундными сейсмическими профилями, показанными на карте фундамента (рис. 1):

- 1) субмеридиональный разрез Юг-Северо-Запад, (профиль 1)
  - 2) субширотный разрез Запад-Восток, (профиль 2)
  - 3) меридиональный разрез Юг-Север, (профиль 3).
- Эти три профиля названы соответственно 1, 2 и 3.

Процесс моделирования, осуществленный автором применительно к геологическому разрезу Южно-Каспийского бассейна, состоял из 4 стадий:

- 1) Оценка основных факторов, влияющих на результат моделирования, путем построения простой угловой модели и вариации параметров;

- 2) Флексурный бэкстриппинг (разуплотнение и разгрузка) без моделирования термального оседания в программе Flex Decomp. Метод демонстрирует изостатически компенсированное погружение (water-loaded subsidence) под осадочной нагрузкой. Данный процесс осуществляется с целью воссоздать заполнение бассейна, если рифтогенез (образование бассейна) произошел намного раньше, чем накопились осадки.



**Рис. 1.** Карта глубин разновозрастного фундамента, на которой показаны размер и примерное расположение рифтовой оси в зоне максимального растяжения коры.

3) Прямое моделирование всей коры (и литосферы) с термальным оседанием (thermal subsidence) в программе Stretch. Равномерная «uniform pure-shear» модель погружения и флексурной изостазии была использована автором. Прямое моделирование рифтогенеза в программе Stretch работает следующим образом: за первоначальную модель берется континентальная кора мощностью 35км (средняя мощность земной коры), которая затем растягивается с использованием пластичной модели растяжения (ductile pure-shear). В результате утончения коры производится «термальное погружение» (thermal subsidence) в течение 145 млн. лет. Данный процесс осуществляется с целью воссоздать заполнение бассейна син-рифтовыми и пост-рифтовыми породами в обратной модели. Термальное погружение играет важную роль в данном моделировании и при расчете первоначальной палеобатиметрии. Прямое моделирование показало, что начальная кора ЮКБ перед утончением в процессе рифтинга имела мощность 33-35 км по Green и др., 2009, а после утончения – 5-6 км.

4) Бэкстриппинг с использованием новых ограничений прямой модели. На этой стадии проверяется согласованность и сравнение двух предыдущих шагов моделирования по Green и др., 2009 и Кушнир и др., 1995. Автор в обратном моделировании применил полученную в результате прямого моделирования мощность утонченной коры, получив как результат «остаточную» палеобатиметрию бассейна на момент его образования.

Результаты моделирования по всем трем профилям были отражены в работе и на основании этого моделирования автором делаются выводы о региональной природе погружения. Как и в работе Green и др., 2009, автором была построена прямая модель всей коры, соответствующая наблюдаемому погружению осадочного чехла и обеспечивающая вычисление утончения земной коры.

Моделирование бассейна предполагает, что при глубине земной коры до 24-25 км общую мощность отложений в Южно-Каспийском бассейне можно объяснить процессом расширения континентальной границы и возможным образованием океанического бассейна в период поздней юры, с последующим термальным оседанием в течение 145 млн. лет, отложением осадков, нагрузкой и уплотнением. Нет необходимости дополнительно обращаться к каким-либо тектоническим или термальным событиям в Южном Каспии в постюрский период, чтобы объяснить наблюдаемую полную мощность осадочного чехла бассейна.

на (кроме эффекта нагрузки Абшеронского порога).

Осадконакопление в центре бассейна вероятнее всего началось сразу после образования ЮКБ, которое мы относим к концу юрского периода (условно 145 млн. лет назад). Отсутствие осадков на океанической коре в течении долгого времени делает прогибание не таким значительным и требует большей изначальной глубины воды, а присутствие осадочного слоя сразу после или параллельно с рифтогенезом усиливает величину погружения в результате нагрузки осадочной толщи на еще не остывшую и эластичную земную кору.

В работе показан результат прямой модели на пострифтовой стадии вместе с корой и осадками синрифтовой и пострифтовой стадий. По данным СГ-ОГТ с учетом результатов пересмотра ГСЗ ЮКБ характеризуется изначальной толщиной земной коры в 32-36 км по П.З.Мамедову, что совпадает с принятыми нами значениями. Западная часть модели демонстрирует, что начальная мощность земной коры составляет 35-33 км с утончением до 5 км. Начальная мощность коры на восточной части модели тоже 35-33 км, но она уменьшается приблизительно до 10-15 км.

В работе также использованы бета-фактор  $\beta$  (отношение мощности растяженной коры к полной мощности коры), который является результатом моделирования. Здесь значение бета-фактора возрастает примерно от 3 на востоке до 25 на западе. Западная часть модели по своему значению бета-фактора это океаническая кора (при значении бета-фактора больше 10 должно быть существенное воздействие, приводящее к образованию океанической коры), в то время как восточная часть модели с низким бета-фактором демонстрирует присутствие континентальной коры. Результаты моделирования совпадают с геологическим разрезом осадочного чехла, что демонстрирует правильный подбор параметра растяжения и объясняет рифтовую природу ЮКБ.

Концептуальная модель, совместимая с этими наблюдениями, показывает, что ЮКБ был раскрыт как рифт континентальной окраины задугового бассейна (continental margin rift/back-arc rift). Направление максимального значения бета-фактора  $\beta$  отражает геометрию рифтовой оси (rift axis), ортогонально которой происходило раскрытие и расширение бассейна в синрифтовый период юры (рис. 1).

К юго-востоку от рифтовой оси находилась континентальная окраина «массива Година», возможно ограниченная трансформными разломами. Эти глубинные разломы оказывали и продолжают оказы-

вать влияние на осадконакопление.

**В третьей главе** производится подсчет объема осадков, накопившегося в бассейне с момента его образования, а также подсчет денудации для географического региона, окружающего ЮКБ, и сравнение ЮКБ с другими бассейнами мира для объяснения его уникальных характеристик. Объем накопившихся осадков был подсчитан для 30 сейсмических интервалов в отдельности, а затем пересчитан для 8 сгруппированных временных интервалов с учетом разуплотнения. Подсчитанные таким образом объемы осадков в ЮКБ представлены по 8 временным интервалам:

- 145-36 млн. лет – мезозой и палеоген,
- 36-6 млн. лет - олигоцен и миоцен,
- 6-5.1 млн. лет - нижняя часть ПТ,
- 5.1-4 млн. лет - средняя часть ПТ,
- 4-2.5 млн. лет, - верхняя часть ПТ,
- 2.5-1.8 млн. лет – акчагыльская свита,
- 1.8-0.9 млн. лет – абшеронская свита,
- 0.9-0 млн. лет – квартал.

Скорость эффективного осадконакопления, полученная в результате подобного вычисления, является усредненной, поскольку автором используется усредненная по интервалам эффективная мощность пород. Некоторые авторы считают, что скорость лавинной седиментации в ЮКБ составляла более 3000 м/млн. лет во время отложения ПТ. Это, безусловно, слишком много для усредненного значения, но может быть действительным как мгновенное для какого-либо периода или свиты в ПТ, либо как максимальное значение из графика погружения в какой-либо точке.

Автор разбил толщу осадочного чехла ЮКБ на регионы по палеогеографическим картам основных стратиграфических единиц и подсчитал накопившийся объем осадков по каждой из основных речных систем, снабжавших ЮКБ осадками. Распределение изменений эффективного объема пород в ЮКБ по времени в процентах от общего значения показывает постепенное уменьшение влияния Палео-Волги и увеличение влияния Палео-Амударьи на общее осадконакопление в ЮКБ.

**В четвертой главе** описываются процессы денудации районов привносящих осадки в ЮКБ. Производится подсчет денудированного объема осадков, где общий объем осадков, накопившийся в бассейне, приравнивается к эродированному объему горных кражей или плат-

форм, окружавших бассейн. Эродированный объем затем делится на площадь бассейна, подверженную денудации. Этот метод довольно прост и является аппроксимацией подсчета денудации, но даже при отсутствии точных измерений и датировки возраста бассейна и его бортов, он позволяет провести сравнение баланса осадков в ЮКБ (sediment budget balance). Произведен анализ дренажных систем Палео-Волги, Палео-Куры, Палео-Амударьи и Эльборса (Сефидруд), привносящих осадки в ЮКБ. Автором приведена гипотеза о дренаже бассейна Арала через русло Палео-Узбоя в ЮКБ, что позволило бы привести весь дренаж Средней Азии в ЮКБ и объяснить причину и источник лавинного осадконапления в плиоцене и плейстоцене в восточной части ЮКБ.

Реки Каспийского региона принадлежали и сейчас принадлежат скорее к умеренному и сухому климату. Кавказские и Иранские гидросистемы и Палео-Амударья имеют большой тектонический уклон, а Палео-Волга – очень пологий. Сравнительные таблицы, показанные в работе, обобщают привнос осадков в ЮКБ на примере ПТ нижнего плиоцена путем сравнения данных измерений денудации на бортах бассейна и подсчета скорости денудации из трехмерной модели.

**В пятой главе** приводится синтез эволюции и осадконапления в осадочном чехле и производится оценка его перспективности с учетом модели погружения и эволюции дренажных систем.

В соответствии с имеющимися у нас представлениями об осадконакоплении в ЮКБ и с учетом многих предыдущих исследований развитие осадочного чехла ЮКБ можно условно разбить на несколько тектоностратиграфических стадий с присущими им характеристиками, включая перспективы нефтегазоносности. Описание развития земной коры на этапах от раскрытия рифтогенного трога до современного межгорного бассейна может быть собрано в единую модель эволюции бассейна. В данной главе автор попытался создать такую модель, связав образование бассейна и неравномерности развития фундамента с изменениями в скоростях осадконакопления и оседания бассейна и с привносом осадков, напрямую связанному с горообразованием и долгосрочными изменениями климата.

Автор определил 5 тектоностратиграфических стадий эволюции ЮКБ по сводному анализу всех факторов, влияющих на осадконакопление (рис. 2):

- 1) дивергентная стадия термального погружения;
- 2) пассивная стадия термального затухания боковой окраины;

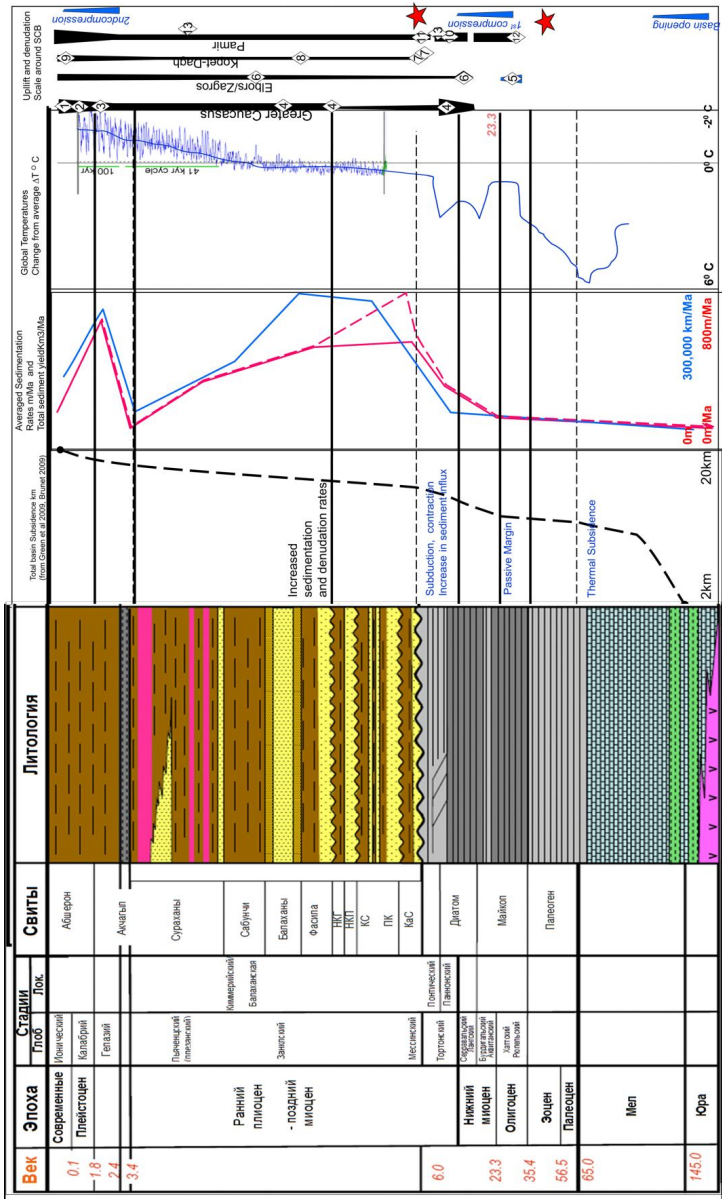


Рис. 2. Тектоностратиграфические стадии развития бассейна (по Abdullayev и др., 2012).

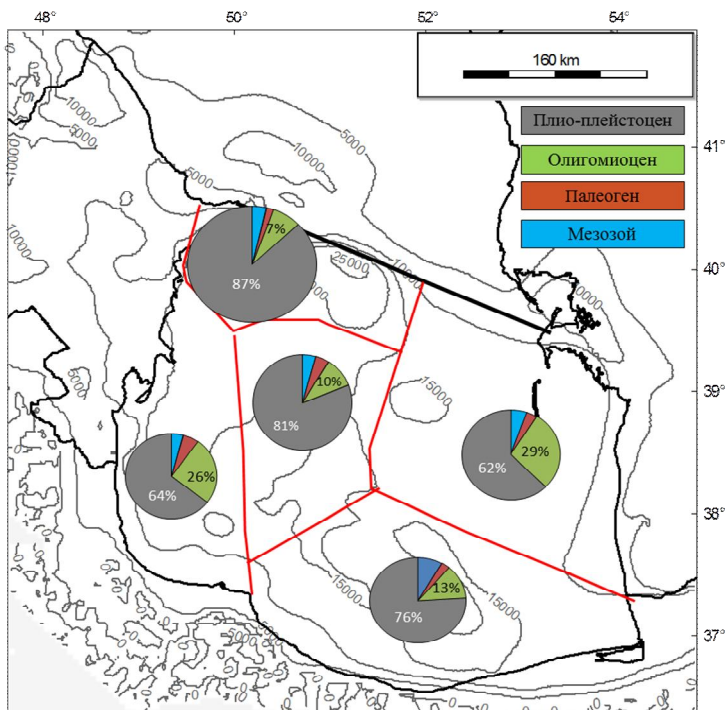
- 3) конвергентная стадия субдукции и роста осадконакопления;
- 4) стадия терригенной лавинной седиментации ПТ;
- 5) стадия глубоководной лавинной седиментации плиоцена и квартера.

**В шестой главе** описываются перспективы нефтегазоносности ЮКБ и предлагается новая методика оценки. Обсуждается категориизация нефтегазоносности районов и временных интервалов ЮКБ, основанная на комплексном анализе осадконакопления, объема речных систем и глубины залегания коллекторов. Проводится выбор регионов наиболее благоприятных для нефтегазонакопления, в пределах которых должны быть сконцентрированы поисково-разведочные работы в будущем.

Современный Южный Каспий представляет собой уникальный бассейн земного шара, характеризующийся большой мощностью отложений, благоприятными тектоническими и литолого-фациальными условиями, которые обуславливают перспективы нефтегазоносности. Нефтегазоносные системы Южного Каспия необычны благодаря быстрому осадконакоплению, поскольку быстрое и неравномерное заполнение определяет динамичность системы ЮКБ. Районирование ЮКБ позволяет выделить 5 основных нефтегазоносных зон, в каждой из которых выделяется 4 временных интервала (рис.3). На акватории ЮКБ выделены следующие зоны: 1) Апшеронская нефтегазоносная зона, 2) зона Нижнекуруинской впадины, 3) Западно-Туркменская нефтегазоносная зона, 4) зона центральной части ЮКБ, 5) зона Предэльбрусского прогиба ЮКБ.

Автор предлагает новую методику сравнительного анализа оценки перспектив нефтегазоносности, который основан на определении соотношения между геодинамическим типом бассейна (океанический или континентальный), типом и источником осадков (И), мощностью осадков в метрах (М), скоростью осадконакопления в м/млн. лет (С.О), плотностью потенциальных ресурсов (П). Большинство параметров подсчета взяты из предыдущих глав данной работы. Источники осадков обсуждаются в Главе 5, мощность и объем осадков обсуждаются в Главе 3. Плотность ресурсов углеводородов определена на основе эталонных значений разведанных запасов на ряде месторождений ЮКБ, взятых из работы Гулиев и др., 2003.





**Рис. 3.** Карта перспективности акватории ЮКБ с круговыми диаграммами по значениям коэффициента перспективности по 4 временным интервалам, в каждой из 5 нефтегазоносных зон.

В главе показано, что углеводородный потенциал осадочного разреза ЮКБ в каждой из 5 зон и в каждом из интервалов внутри этих зон распределен неравномерно (рис 3). Наибольшая перспективность приурочена к разрезу плиоцена и миоцена северо-запада акватории ЮКБ, который характеризуется большой мощностью осадков, высокими скоростями осадконакопления в третичный период и повсеместным присутствием как материнских пород майкопской свиты, так и коллекторских пород свит ПТ, отложенных Палео-Волгой. По прогнозам Гулиев и др., 2004 плотность ресурсов в северо-западной части ЮКБ достигает более 750 тыс. тонн на км<sup>2</sup>. Менее перспективными участками разреза являются юго-западная часть ЮКБ, где доминируют осадки куринской фации с коллекторами низкого качества, и центральная, глубокозалегающая часть бассейна.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа впервые проводит синтез эволюции осадочного чехла ЮКБ, используя новейшие алгоритмы моделирования, большое количество современного сейсмического материала по ЮКБ и результаты выполненных ранее исследований. Комплексный подход к пониманию процесса эволюции бассейна дает возможность более точно оценить перспективность различных частей бассейна.

Представленное в данной работе **итеративное моделирование** погружения осадочного чехла в ЮКБ показывает, что наблюдаемый характер погружения и осадконакопления в бассейне можно объяснить процессом седиментационной нагрузки на утонченную кору океанического типа с загасающим термальным погружением. Моделирование подтверждает рифтогенез, как возможную причину образования ЮКБ и наличия коры океанического типа, а также очерчивает границы потенциальной рифтовой оси.

Моделирование показывает, что изначальная геометрия бассейна обуславливает неравномерность дальнейшего заполнения бассейна осадками. Эта геометрия, унаследованная на момент отложения, обусловлена типом коры, мощностью коры, значением бета-фактора и объемом осадков, заполняющих бассейн после рифтогенеза.

В работе подсчитан также **объем осадков**, заполнявших ЮКБ за время эволюции. Основное количество осадков накопилось в бассейне с олигоцена до сегодняшнего дня и усредненная скорость осадконакопления в этот период составляла от 500 до 600 м/млн. лет, достигнув максимума в ПТ. Объем осадков, накопленный в ЮКБ за все время существования бассейна, составляет более 775000 км<sup>3</sup>.

Впервые по ЮКБ объем осадков был рассчитан по речным системам в отдельности. Осадки из двух речных бассейнов Палео-Волги и Палео-Амударьи сыграли наибольшую роль в заполнении ЮКБ. Они заполняли бассейн неравномерно по времени и в пространстве. В нижней части ПТ превалировали осадки Палео-Волги, а в верхней части и в плейстоцене – Палео-Амударьи, которая создала мощную проградационную дельту в ЮКБ. Осадки Палео-Волги мигрировали на север и их привнос резко уменьшился в плейстоцене. В плиоцене и плейстоцене превалировали осадки Палео-Амударьи и осадки с Кавказских гор. Осадки, привнесенные с горных систем Ирана, играли меньшую роль.

Подсчитанный в работе объем осадков в Южно-Каспийском бассейне во время ПТ и верхнего плиоцена позволяет также предположить **денудацию** в больших масштабах и за очень короткое время, в сравнении с глобальными аналогами. Коэффициент денудации увеличивается со временем и достигает максимума в верхней части ПТ и в абшеронское время, когда более 300000 км<sup>3</sup> осадков были внесены в бассейн за 1 млн. лет. Скорость денудации источников, питающих Каспий, сравнима со скоростью денудации рек, эродирующих Гималайские горы.

Дренаж рек при падениях уровня моря увеличивается значительно в связи с ростом градиента на бортах бассейна. Автор затрагивает вопрос интеграции дренажа Аральского моря при подобном падении уровня моря. Падение же уровня Каспийского моря на уровень Аральского вызовет интеграцию всего дренажа Средней Азии в дренаж ЮКБ с помощью Палео-Узбоя.

Модель эволюции ЮКБ включает в себя синтез результатов моделирования погружения литосферы, изначальную геометрию бассейна на момент его образования, объема осадков и денудации осадков по речным системам. В снабжении ЮКБ осадками играли большую роль климатические колебания, вызвавшие изменения стока воды и привноса осадков в бассейн из различных речных систем, впадающих в ЮКБ. Дренаж этих гидросистем зависел от скорости денудации бассейнов и горных кряжей.

В результате эволюции литосферы и осадочного чехла сформировался уникальнейший нефтегазоносный бассейн, развитие осадочного слоя в котором можно разделить на 5 основных этапов:

- 1) рифтогенеза (мезозой, продолжительность 150-65 млн. лет);
- 2) термального погружения пассивной окраины (продолжительность 65-34 млн. лет);
- 3) субдукции и отложения нефтематеринских пород (олигоцен – миоцен, продолжительность 34-6 млн. лет);
- 4) лавинной терригенной седиментации и отложения коллекторов ПТ (продолжительность 6-2,5 млн лет);
- 5) сжатия, образования складок и миграции углеводородов в ловушки (верхний плиоцен и плейстоцен, продолжительность 2,5 млн. лет- 0).

Нефтегазоносные системы Южного Каспия необычны благодаря

такому быстрому осадконакоплению, поскольку интенсивное и неравномерное заполнение осадками вызывало нестабильность системы ЮКБ. Углеродородный потенциал осадочного разреза ЮКБ на каждом из этапов распределен неравномерно, что связано с неравномерностью осадконакопления и типом погружения различных частей бассейна


**Методика оценки перспектив**, предложенная автором позволяет ранжировать перспективность углеводородного потенциала по нефтегазоносным зонам с помощью сравнительного анализа. Наибольшая перспективность разреза северо-запада акватории ЮКБ связана с большой мощностью осадков, высокими скоростями осадконакопления в третичный период и повсеместным присутствием как материнских пород майкопской свиты, так и коллекторских пород ПТ, отложенных Палео-Волгой. Менее перспективными зонами разреза является юго-западная часть ЮКБ. Перспективность иранской части ЮКБ и Туркменской депрессии к югу от Апшеронского порога остается малоизученной.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах (статьи и расширенные тезисы конференций и семинаров)**

1. Seismic stratigraphy of the Upper Pliocene and Quaternary deposits in the South Caspian Basin:” Nazim R. Abdullayev, Extended abstract in: AAPG Regional International Conference, Istanbul, Turkey, July 9-12, 2000.
2. Seismic stratigraphy of the Upper Pliocene and Quaternary deposits in the South Caspian Basin: Abdullayev, N.R.: Journal of Petroleum Science and Engineering, 2000, N 28, 207-226.
3. Pliocene fluvio-lacustrine depositional systems in the South Caspian Basin: reservoir architecture impacts. Extended abstract in: AAPG Hedberg Research Conference: Sandstone Deposition in Lacustrine Environments: Implications for Exploration and Reservoir Development, Baku, Azerbaijan, 8-21 may, 2004 (соавторы: Andrew Bowman, Neil Pigott, Gregory Riley).
4. Petroleum systems of South Caspian Basin: integrated approach to understanding reservoirs and hydrocarbon entrapment: Extended abstract in: Regional AAPG Conference and Exhibition, Perth, Australia, 5-8 November 2006 (соавторы: Gregory Riley, Stephan Duppenbecker, Tim Green).

5. Caspian Night: Petroleum Systems Dynamics of the South Caspian Basin. Houston Geological Society Bulletin, March 2008, N 15 (соавторы Gregory Riley, Stephan Duppenbecker, Tim Green).
6. Regional controls on lacustrine sandstone reservoirs - the gPliocene of the South Caspian Basin EAGE International Conference: Extended abstract in: Petroleum Geology & Hydrocarbon Potential of Caspian and Black Sea Regions, Baku, Azerbaijan, 6-8 October 2008 (соавторы: Gregory Riley, Andrew Bowman).
7. Sedimentation and subsidence in the South Caspian Basin, Azerbaijan: Geological Society, London, Special Publication; 2009, N 312; 241-260 (соавторы: Tim Green, Jake Hossack, Greg Riley, Alan M. Roberts).
8. Trends in World's Energy generation and consumption: possibilities for Azerbaijan, Azərbaýcan Neft Təsərrüfatı, 2009, N 12.
9. Tectonics and Reservoir systems of the South Caspian Basin. Azerbaijan Geologist (Azərbaycan Geoloqu), 2009, N 13(соавторы: Andrew Bowman, Gregory Riley, Tim Green).
10. История осадконакопления продуктивной толщи в Южном Каспии с учетом погружения бассейна, Часть 1. Azərbaýcan Neft Təsərrüfatı, 2010, N 5 (соавторы: Г.Райли, А.Боуман).
11. The geologic dynamics of the giant Shah-Deniz gas field in the South Caspian Basin. Extended abstract in: AAPG European Region Annual Conference Exploration in the Black Sea and Caspian Regions, Kiev, Ukraine, 17-19 October, 2010 (соавторы: Stephan Duppenbecker, Gregory W. Riley, Tim J. Green, Helen Doran).
12. История осадконакопления Продуктивной Толщи в Южном Каспии с учетом погружения бассейна, Часть 2. Azərbaýcan Neft Təsərrüfatı, 2011, N 11, (соавторы: Г.Райли, А.Боуман).
13. Regional controls on lacustrine sandstone reservoirs: The Pliocene of the South Caspian Basin. In: Baganz, O.W., Bartov, Y., Bohacs, K. & Nummedal, D. Lacustrine Sandstone Reservoirs and Hydrocarbon Systems. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 2012, N 95, 71-98. (соавторы: G.Riley и A.Bowman)
14. Some aspects of subsidence history and geodynamic evolution of the South Caspian Basin from seismic mapping, flexural backstripping, lithospheric modelling and gravity modelling. Extended abstract in: DARIUS Programme Central Asia Workshop, Bonn, Germany, 26-27 February, 2013 (соавторы: I.S.Guliyev, F.A.Kadirov).

15. Early Pliocene Lacustrine Productive Series Lowstand South Caspian Basin as a response to Messinian age base-level fall; analogy with Messinian base-level fall observed offshore Eastern Mediterranean. Extended abstract in: AAPG European Conference Petroleum Systems of Paratethys: Exploring pathway from Europe to Asia, Tbilisi, Georgia, 10 September 2013 (соавторы: Kevin Boyd, Zakaria Hassan).
16. Validation of lateral fluid flow in an overpressured sand-shale sequence during development of Azeri-Chirag-Gunashli oil field and Shah Deniz gas field: South Caspian Basin, Azerbaijan, Marine and Petroleum Geology 2015, N 59, 593-610. (co-authors: Rashid Javanshir, Stephan Duppenbecker, Gregory W Riley)
17. Subsidence history and basin fill evolution in the South Caspian Basin from geophysical mapping, flexural backstripping, forward lithospheric modelling and gravity modelling, Geological Society, London, Special Publications, 2015 (co-authors: I.S.Guliyev and F.A.Kadirov).



## CƏNUBİ XƏZƏR HÖVZƏSİNİN ÇÖKÜNTÜ QATININ TƏKAMÜLÜ VƏ NEFT-QAZLILIĞI PERSPEKTİVLƏRİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

### XÜLASƏ

Bu elmi iş üç ölçülü modellərdən istifadə etməklə Cənubi Xəzər hövzəsinin təkamülünü təhlil edir və tektonostratiqrafik şəraiti nəzərdən keçirir. Təhlil seysmik və quyu məlumatları və qalınlıq xəritələr və əsasında qurulmuş və burada çöküntü modelləşdirmədən istifadə olunmuşdur. Modelləşdirmə 3 regional profil üzrə aparılmışdır. Tədqiqat hövzədə toplanmış süxurların effektiv həcm dəyişməsinə, hövzəyə gətirilən süxurların təkamülü və onların böyük həcmində hövzənin kənarlarında denudasiyasını ilə əlaqələndirir. “Forvard” modelləşdirmə Cənubi Xəzər hövzəsində okean tipli yer qabığının mövcudluğunu təsdiq edir və Yura yaşı “spreading”(yayılma) və rift zonasının təxmini sərhədərini təyin edir və eyni zamanda baş verən subduksiya zonasının Abşeron astanası altında yerləşməsinə göstərir. Fleksural bakstripping modelləşdirmə isə göstərir ki, Cənubi Xəzər hövzəsində gömülmə xarakteri Yura dövründə baş vermiş riftinq prosesinin nəticəsi olan termal gömülmə və Üçüncü dövrdə çöküntütoplanma nəticəsində baş vermiş gömülmə ilə izah oluna bilər. Lakin, bu gömülməyə səbəb olan heç bir xüsusi tektonik hadisə izlənilmişdir.

Geodinamik təkamülün modeli mövcud olan məlumatların sintezi nəticəsində qurulmuşdur. Model hövzənin gömülmə mexanizmini və çöküntülərlə dolmasını izah etməyə və hövzənin təkamülünü 5 tektonostratiqrafik mərhələyə ayırmağa imkan verir:

1. Yura və Təbaşirdə spreading və termal gömülmə;
2. Paleosendə-eosendə minimal çöküntütoplanma ilə müşayiət olunan passiv kənar mərhələsi;
3. Müasir Oligosen-Miosen drenaj sisteminin yaranması ilə müşayiət olunan konvergensiya, dağ sistemlərinin əmələgəlməsi və subduksiya mərhələsi;
4. Pliosendə sürətli çöküntütoplanma və yüksək sürətli çökmə mərhələsi;
5. Pleystosendə hövzədə kompressiya ilə müşayiət olunan sürətli çöküntütoplanması.

Çöküntülərin böyük hissəsi Oligosen dövründən sonra toplanmışdır. Maksimal sedimentasiya sürəti alt Məhsuldar qat dövründə təsadüf etmişdir və 600-700 m/mln. ilə çatmışdır. Cənubi Xəzər hövzəsində çöküntülərin həcmi 775000 km<sup>3</sup>-dan artıqdır və onun 40%-dən çoxunu Məhsuldar qat

süxurları təşkil edir. Çöküntülərin hesablanmış həcmi və onların toplanma sürəti paleo-Volqanın, paleo-Amudəryanın, Mərkəzi Asiya və Qafqaz dağlarının qısa zaman ərzində (3-4 mln. il) drenaj sistemlərinin iri miqyaslı və sürətli denudasiyası ilə əlaqələndirilə bilər. Bu proseslər miosenə başlanmış və üst pliosen və pleystosendə böyük Qafqazın və Pamirin qalxması nəticəsində artmışdır. Cənubi Xəzər hövzəsinin karbohidrogen sistemlərinin təhlili onların dinamik olduğunu göstərir. Sürətli gömülmə və çöküntütoplanma yüksək təzyiqli gilli süxurlarda neftin generasiyası, miqrasiyası və akkumulyasiyasına imkan verir.

Cənubi Xəzər hövzəsinin çöküntü qatının və Yer qabığının qalınlığının dəyişməsi əsasında, hövzəni bir neçə perspektiv zonalara ayırmağa mümkündür:

1. Abşeron-Balkhan zonası. Burada yerləşən neft yataqlarını təşkil edən çöküntülərin əksəriyyəti qərbdə paleo-Volqadan, şərqdə isə paleo-Amudaryadan qaynağlanıblar.

2. Cənubi Xəzər hövzəsinin qərb hissəsində çöküntülər Paleo-Volqadan qaynaqlanır. Burada Şahdəniz kimi yüksək lay təzyiqli şəraiti ilə xarakterizə olunan qaz kondensat yataqları yerləşir. Bu zonada əsasən qalın çöküntü qatı və okean tipli Yer qabığı mövcuddur.

3. Aşağı Kür çökəkliyi. Burada çöküntülərin Paleo-Kürdən qaynaqlanması ilə əlaqədar olaraq, nəhəng neft-qaz yataqları mövcud deyil.

4. Qərb Türkmən çökəkliyi. Burada böyük strukturlar mövcud deyil. Bu zonada əsasən qismən nazik çöküntü qatı və nisbətdən qalın Yer qabığı mövcuddur.

5. Elbursyanı çökəkliyi. Bu zona qalın çöküntü qatı və nazik, okean tipli Yer qabığı ilə səciyyələndirilir. Süxurlar İran platosundan qaynaqlanır.

Göstərilən tektonik zonalar arasında, ətraflı öyrənilmiş Abşeron-Balxanyanı zonası, axtarış-kəşfiyyat işləri aparılmaqda olan Cənubi Xəzər hövzəsinin qərb hissəsi, və az öyrənilmiş qərb Türkmən çökəkliyi ilə İran hissəsini neft-qaz baxımından perspektivli hesab etmək olar.



**BASIN EVOLUTION AND PROSPECTIVITY  
OF THE SOUTH CASPIAN BASIN**

**SUMMARY**

This work summarises and in part revises tectonostratigraphic framework of evolution of the South Caspian Basin (SCB) using three-dimensional models created from seismic data and well data, isopach maps and interval volumes from these models as well as backstripping and forward modelling of lithosphere along three regional profiles. Study links variations in net rock volumes, deposited in the basin with the evolution of sediment yield and denudation of the major sediment delivery on the margins of the basin.

Forward modelling of lithosphere in this study confirms presence of oceanic-type crust over the part of the South Caspian Basin and draws tentative boundary of the Jurassic-age spreading ridge and rifted margin potentially undergoing subduction underneath Absheron Ridge. Flexural backstripping conducted in this study shows that observed character of subsidence and sedimentation in the South Caspian Basin can be explained by a process of thermal subsidence following Jurassic rifting and further subsidence as a result of sediment loading in Tertiary, however there are no specific tectonic events which could cause such subsidence.

A model of geodynamic evolution was proposed as a result of synthesis of available information. This model allows to explain mechanisms of basin subsidence and sediment fill and categorize basin evolution by number of tectonostratigraphic stages since its inception in Jurassic:

1. Spreading and thermal subsidence in Jurassic and Cretaceous,
2. Passive margin stage with minimal sedimentation in Paleocene and Eocene,
3. Stage of convergence, mountain building and subduction accompanied by increasing sediment yield and formation of modern drainage systems in Oligocene and Miocene,
4. Stages of extremely rapid sedimentation and increased sediment loading in Pliocene,
5. Rapid sedimentation accompanied by increase in basin compression in Pleistocene.

The largest volume of sediments have accumulated in the basin since the Oligocene, with maximum sedimentation rates reaching 600-700 m/Ma during Lower PS. Volume of sediments accumulated in the South Caspian

Basin reaches more than 775,000 km<sup>3</sup> of which 40% constitute rocks from Pliocene PS. The calculated volume of sediments and their accumulation rates in the South Caspian Basin allows for an increased denudation of drainage basins of Paleo-Volga, Paleo-Amudarya, Central Asia and Caucasus mountains in large scale over a short period of time (3-4 million years). These processes started in Miocene and increased in Late Pliocene and Pleistocene because of continuing uplift of Greater Caucasus and Pamirs. Hydrocarbon systems of the South Caspian are dynamic because of such effects, where rapid subsidence and increasing load of clay-rich sediments give rise to generation migration and entrapment of hydrocarbons within overall overpressured environment. Variation in sediment and crustal thickness across SCB allowed its subdivision of it into a several prospective zones:

1. Absheron-Balkhan trend where majority of oil accumulations are located and sourced by Paleo-Amudarya sediments in the East and Paleo-Volga in the West;

2. Western SCB sourced by Paleo-Volga sediments where high pressure gas fields such as Shah Deniz are located. It is underlain by very thick sedimentary succession and attenuated oceanic type crust;

3. Kura depression where no giant oil or gas fields were found to date. Reservoirs are sourced by Paleo-Kura sediments;

4. Western Turkmen depression where large structuration is absent and sedimentary section is comparatively thin. It is underlain by relatively thick but still attenuated crust.

5. Pre-Elburs depression underlain by thick sedimentary succession and attenuated oceanic type crust. Reservoirs here sourced from Iranian plateau.

The tectonic crustal zones that are most prospective in terms of oil and gas presence are Absheron-Balkhan zone which is well explored, Western SCB that is being explored, and Turkmen Offshore and Iranian offshore zones that are still poorly explored.

Сифариш № 26. Тиражы 100 нцсхя

---

Азярбайған МЕН Эеолоэийа вэ Геофизика Институту

«Нафта-Пресс» няшрийаты,

Бакы, Ш.Бавид пр. 119, Тел.: 539-39-72

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI  
GEOLOGİYA VƏ GEOFİZİKA İNSTİTUTU**

---

---

*Əlyazması hüququnda*

**NAZİM RƏSMİ OĞLU ABDULLAYEV**

**CƏNUBİ XƏZƏR HÖVZƏSİNİN ÇÖKÜNTÜ QATININ  
TƏKAMÜLÜ VƏ NEFT-QAZLILIĞI PERSPEKTİVLƏRİNİN  
QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ**

İxtisas: 2521.01 – Neft və qaz yataqlarının geologiyası,  
axtarışı və kəşfiyyatı

Yer elmləri üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi  
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

**A V T O R E F E R A T I**

**BAKİ – 2015**