

Полетаева Е. В.

*Доктор философии по наукам о Земле,
Институт Геологии и Геофизики
Национальной Академии Наук Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан*

Полетаев А. В.

*кандидат геолого-минералогических наук,
Институт Геологии и Геофизики
Национальной Академии Наук Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЮЖНОГО КАСПИЯ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Аннотация: В пределах Каспийского моря выполнено значительное количество геофизических исследований, но тем не менее вопрос изучения глубинного строения Южного Каспия до сих пор является дискуссионным. Анализ и сравнение опубликованных материалов разных авторов позволили установить различие типов земной коры в пределах Южного Каспия. В результате было установлено, что в Южном Каспии наблюдается как океанический, так и субокеанический тип коры.

Ключевые слова: Южный Каспий, сейсмотомография, земная кора, тип коры.

Poletayeva E. V.

*PhD in geosciences,
Institute of Geology and Geophysics
National Academy of Sciences of Azerbaijan,
Baku, Azerbaijan*

Poletayev A. V.

*PhD in geosciences,
Institute of Geology and Geophysics
National Academy of Sciences of Azerbaijan,
Baku, Azerbaijan*

STUDY OF THE EARTH'S CRUST WITHIN THE SOUTH CASPIAN BY GEOPHYSICAL DATA

Abstract: Much geophysical research has been done within the Caspian sea, but nevertheless a matter of study of deep structure of the South Caspian is still debatable. Analysis and comparison of published materials by various authors enabled to establish a difference of the earth's crust types within the South Caspian. as a result, it was determined that both oceanic and sub-oceanic types of crust is observed in the South Caspian.

Key words: South Caspian, seismotomography, crust, type of crust.

Первая информация о консолидированной коре (КК) Южно-Каспийской впадины (ЮКВ) была получена еще в конце 50-х годов прошлого века по материалам ГСЗ [1]. По встречным системам годографов преломленных волн было установлено, что граничные скорости в кровле и подошве КК очень высокие (6,4–6,7 км/с и 7,2–7,7 км/с соответственно), что типично для базальтового слоя. По данным ГСЗ авторами было установлено, что КК в западной части ЮКВ тонкая (8-10 км) и она опущена на большие глубины (ниже 22 км). КК ЮКВ [1] по материалам ГСЗ относилась к коре (суб) океанического типа.

После переинтерпретации материалов ГСЗ в конце 80-х годов XX века [3] было

установлено, что поверхность Мохо под ЮКВ образует мегасвод на глубинах 30–34 км, а КК в большей части впадины тонкая – 6–8 км. Верхняя часть КК характеризуется типичными для океанической коры значениями граничных скоростей $V_p = 6,5–6,8$ км/с, а нижней части соответствуют граничные скорости $V_p = 6,8–7,9$ км/с. Вдоль поверхности Мохо граничная скорость по данным [3] составляет $\geq 8,0$ км/с. Наличие тонкой коры океанического типа под осадочным чехлом ЮКВ отмечается также по данным функционального анализа волн от землетрясений [13].

В работе [7] представлен региональный сеймостратиграфический разрез по субширотному геотраверсу, пересекающий ЮКВ с запада на восток. Автором применительно к глубоководным ОБ подвижных поясов для сеймостратиграфического расчленения и межбассейновой синхронизации разновозрастных единиц разреза разработана схема ранжировки сеймостратиграфических подразделений геологического разреза. По объективным сеймостратиграфическим критериям в осадочном чехле ЮКВ им выделены 9 сеймокомплексов. На сеймостратиграфическом разрезе по субширотному геотраверсу, пересекающему ЮКВ, [7] отмечается океанический тип коры.

В статье [12] приведена гравитационная модель вдоль профиля, который пересекает Южный Каспий с СЗ на ЮВ. В основе модели были заложены данные мощности осадочной толщи, средняя плотность, скорость, структура и топография фундамента и Мохо вдоль изучаемого разреза, а также в работе автором за основу был взят региональный сеймостратиграфический разрез по субширотному геотраверсу [7]. В результате совместной интерпретации данных [12] было выяснено, что проседание бассейна обусловлено чрезвычайным (сильным) утончением континентальной коры, или, что более вероятно, формированием океанической коры, которое произошло в средней-поздней юре в контексте задугового развития бассейна с возможным возобновлением деятельности в меловом периоде.

В работе [8] на нескольких профилях, отработанных в Южном и Среднем Каспии трестом КМНГР и СП «Caspian Geophysical методом СГ-ОГТ с временной разверткой 16–20 с, выделены поверхности (кровля и подошва КК), которые более или менее уверенно автором отбились по динамике, рисунку и конфигурации отраженных волн и прослеживались по рубежам волновых полей или путем групповой корреляции. На временных разрезах поверхность фундамента им выделялась в виде секции прерывистых, относительно интенсивных субпараллельных отражений. Ниже 13–14 с (32–36 км) выделяется полоса скопления очень слабых, прерывистых и хаотически расположенных осей синфазности, по нижней кромке которой трассировалась поверхность Мохо. На разрезах профилей СГ-ОГТ в западной части впадины КК имеет мощность 6–8 км, а граничные скорости по данным ГСЗ – $V_p = 6,5–6,8$ км/с, что свидетельствует о ее океаническом типе. На этих профилях им отмечается погружение КК в северном направлении, и в районе Абшеронского порога ее поверхность достигает глубины 28–30 км.

Заложенный базис исследований [15] позволил подойти к построению 2D гравитационной модели земной коры по субмеридиональному геотраверсу длиной 630 км, пересекающему Южно-Каспийскую впадину в направлении юг-север (от Центрального Эльбурса до Среднего Каспия). На этом разрезе хорошо отображен характер сочленения земной коры ЮКВ с континентальными блоками с юга и севера. Полученная модель глубинного строения интерпретируется совместно с данными фокальных механизмов землетрясений. Гравитационная модель глубинного строения земной коры и верхней мантии вдоль исследуемого профиля составлена методом подбора. Для компенсации наблюдаемого гравитационного поля осуществлен подбор плотностных границ верхней границы океанической коры и поверхности Мохо. В северной части полученной модели океаническая кора погружается под континентальную. Перед континентальной корой в океанической коре наблюдается изгиб, возможно связанный с процессом субдукции. В

середине профиля океаническая кора изогнута вверх.

Концепции, существующие относительно структуры и истории формирования Южного Каспия, многообразны [1, 3, 4, 7, 13, 12, 16, 8, 14, 15 и т. д.], противоречивы и до сих пор не позволяют сформировать единое представление о механизмах и особенностях развития земной коры Южного Каспия. Из обзора изученности данного вопроса вытекает необходимость более подробного рассмотрения геологического и тектонического строения региона.

Тектоническое строение.

Южно-Каспийская впадина входит в систему Куринского и Закаспийского межгорных прогибов, образующих как бы ее центроклинали. Она на большей своей части окружена альпийскими складчатыми сооружениями Малого Кавказа, Талыша, Эльбурса и Большого Кавказа (его погребенного погружения в море) рис. 1 [16]. Южно-Каспийская впадина принадлежит к наложенным структурам земной коры, возникшим на последнем орогенном этапе развития альпийской складчатой области. Эта впадина имеет овальную форму с длинной осью, ориентированной меридионально, протяженностью 400 км. Максимальная отметка глубины моря составляет 1050 м. Нижнекуруинский, Абшероно-Кобыстанский, Западно-Туркменский, Предэльбурский прогибы открываются во впадину и служат ее периферическими элементами. Глубоководная часть впадины состоит из двух котловин-северной, Азербайджанской, и южной, Иранской. Осадочный чехол Южно-Каспийской впадины расчленяется на два основных комплекса: мезозой-эоценовый и олигоцен-антропогеновый. По структуре олигоцен-антропогеновых образований во впадине Южного Каспия выделено несколько зон различного простирания, обусловленных различными соотношениями структурных планов древней и молодой складчатости: складчатая зона Бакинского архипелага, зона поперечной складчатости и зона широтной складчатости [6]. По структуре мезозой-эоценового комплекса образований впадина Южного Каспия с севера на юг разделяется на три основные зоны: Абшероно-Прибалханский прогиб, Южно-Каспийский блок древнего срединного массива и Ленкорано-Горганский прогиб [9]. Мощность консолидированной земной коры ЮКВ в ее пределах сокращается до 15–20 км. Местами мощность консолидированной земной коры впадины тонкая – 6–8 км, скорости продольных сейсмических волн, составляют 6.5–7.0 км/с. Граничная скорость вдоль поверхности Мохо высокая $\geq 8,0$ км/с. Мощность осадочного слоя достигает во впадине экстремальной величины в 25 км, причем не менее 10 км приходится на плиоцен-четвертичные отложения. Остальная мощность может приходиться на долю миоцена и олигоцена и поэтому вполне допустимо, что начало образования Южно-Каспийского глубоководного бассейна относится к концу эоцена – началу олигоцена.

Фундамент платформенных областей (1–4): 1 – раннедокембрийский; 2 – байкальский; 3 – герцинский; 4 – раннекиммерийский; альпийские складчато-покровные системы (5, 6): 5 – Большой Кавказ и Копетдаг; 6 – Малый Кавказ, Талыш, Эльбурс; 7 – передовые прогибы и впадины; 8 – впадины с корой океанического типа; 9 – разрывные нарушения, соответствующие границам крупных структур; 10 – прочие важные разрывы.

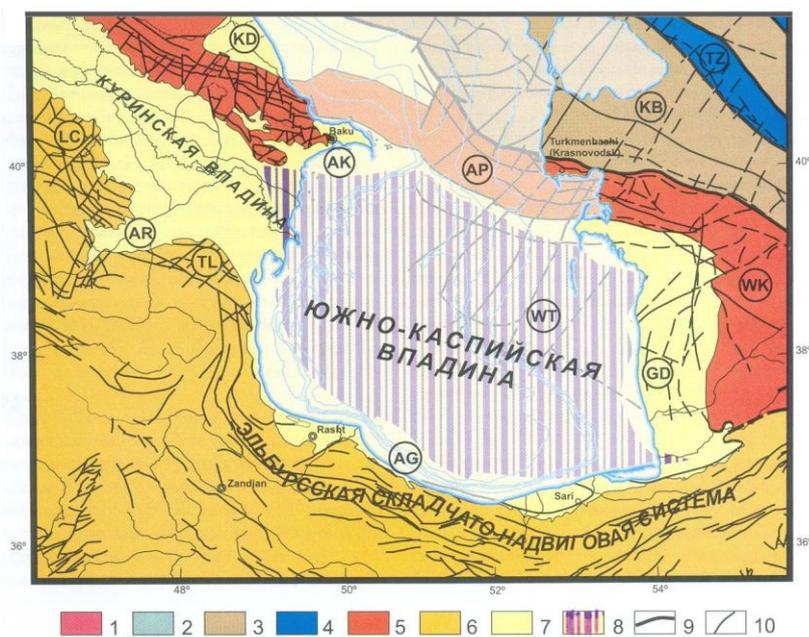


Рис. 1. Важнейшие структурные элементы ЮКВ [16]

Важнейшие структуры (буквы в кружках): TZ – Туаркырская зона, KB – Средне-Каспийско-Карабогазская антеклиза, KD – Кусаро-Дивичинский прогиб, AP – Абшероно-Прибалханская зона, WK – Западно-Копетдагская зона, LC – складчатая система Малого Кавказа, AR – Нижне-Араксинский прогиб, TL – Талышская зона, AG – Эльбурско-Горганский передовой прогиб, WT – Западно-Туркменский прогиб, GD – Гограньдаг-Окаремская зона.

Все эти изменения земной коры отражены изменчивостью плотностной неоднородности, что проявляется на гравитационном поле. Рассмотрим основные черты гравитационного поля в пределах Южного Каспия.

Аномалии гравитационного поля исследуемой области.

Интерпретация данных гравитационного поля ЮКВ [14] характеризуется аномалиями различных типов и амплитуд. В северной части бассейна наблюдается зона повышенных градиентов субкавказского направления. Значение аномального поля составляет –100 мГал. В северо-западной части ЮКВ отмечается гравитационный минимум интенсивностью до –125 мГал. Центральная часть ЮКВ характеризуется как слабым по интенсивности гравитационным минимумом антикавказского простирания на западе, так и изометрическим максимумом гравитационного поля со значениями от 0 до 40 мГал, который соответствует поднятию Година на востоке. Южная часть впадины, а также зона центрального Эльбруса представлена слабой отрицательной аномалией (–120 мГал). Таким образом, в пределах Южной Каспийской впадины наблюдаются разнообразные колебания значений гравитационного поля. Представляет значительный практический интерес изучение геологической природы аномалий по региональному профилю, пересекающему Южно-Каспийскую впадину в направлении запад-восток (от Куринского прогиба до Копетдага).

Результаты исследования земной коры Каспийского моря методом сейсмофотографии и ГСЗ.

Большую роль в изучении земной коры Каспийского моря играет информация, полученная при рассмотрении профилей ГСЗ 1–2 и 9 [5, 3], пересекающих Южный Каспий с юго-запада на северо-восток и выходящих на платформенную плиту. Эти профили (рис. 2) позволили определить принципиальные черты строения ЮКВ, глубину ее фундамента, мощность коры [2, 3]. На профилях ГСЗ 1–2, 9 [2, 3] пересекающих, среднюю часть Южного Каспия до Иранской акватории, верхняя часть КК

характеризуется значениями граничных скоростей $V_p = 6,5-6,8$ км/с. В низах КК значения скоростей достигают величин $V_p = 6,8-7,9$ км/с, типичны для основных и ультраосновных пород. Граничная скорость вдоль поверхности Мохо высокая ($V_p > 8,0$ км/с).

В работе [2] было отмечено, что в осадочном чехле по общим профилям прослежено два слоя с пониженными скоростями на глубинах 7 – 12 и 15 – 20 км. Разуплотнение пород, выделяемое на профиле, может быть связано с вертикальным разрывом и растрескиванием пород, которые распределяются как по разрезу, так и всей обширной зоне Южного Каспия, что подтверждается данными сейсмотомаграфии.

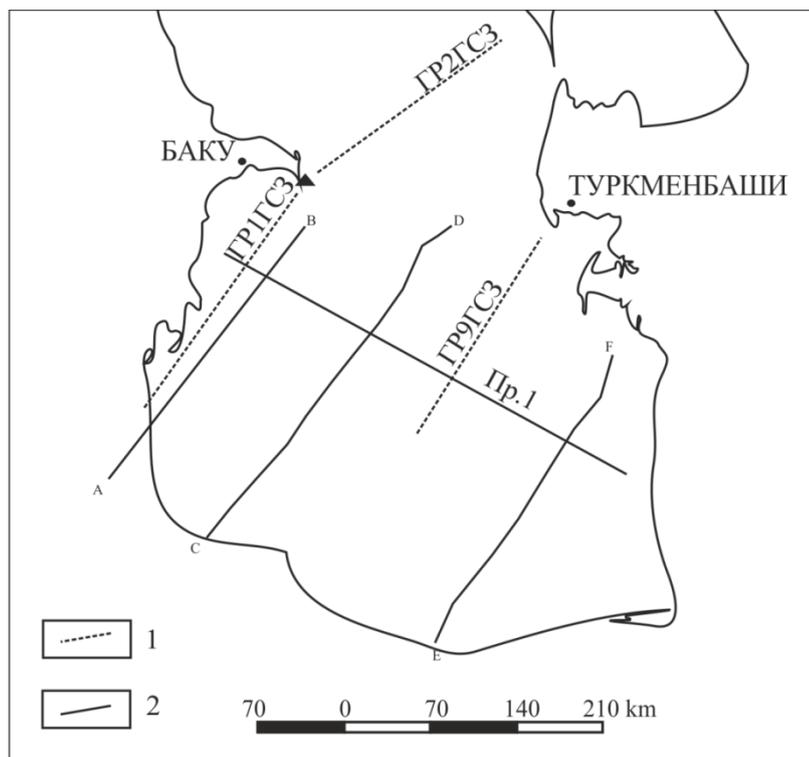


Рис. 2. Схема расположения сейсмических профилей в Южном Каспии:
1 – профили ГСЗ, 2 – профили сейсмотомаграфических исследований

Данные сейсмической томографии [10, 11] по Южному Каспию показали, что три верхних слоя с пластовыми скоростями около 1,5; 2,3; 3,2 км/с незначительно меняющиеся по площади, слагают осадочную толщу на глубинах 20–34 км. В слое 1 также имеются узкие зоны относительно пониженной скорости. Такие полосы, очевидно, являются следствием термофлюидальной активности разломных зон. Слой 4 представляет собой фундамент осадочной толщи. Он состоит из блоков с «гранитными» ($V_s = 3,4-3,8$ км/с), «базальтовыми» и «мантийными» ($V_s > 4,6$ км/с) скоростями с мощностью слоя в основном составляющей 10–14 км, а местами достигающей 20–30 км. Здесь наблюдаются участки с сильно увеличенными мантийными значениями ($V_s = 5-6,2$ км/с). Участки четвертого слоя со скоростями $V_s \leq 3,8$ км/с наблюдаются на западе и востоке Абшеронского порога, в западной части южного берега акватории, под Западно-Туркменской низменностью (за исключением Челекена). В пятом слое на большей части региона скорости понижены относительно таковых в четвертом. Пластовые скорости в нем существенно изменяются по площади. К югу и юго-западу от Абшерона наблюдаются минимальные значения скоростей от $V_s = 2,4$ до $V_s = 2,8$ км/с. Далее на юго-восток к Иранскому и восточному берегам Южного Каспия полоса, местами пониженных, V_s составляет до 2,9–3 км/с. Мощность слоя изменяется незначительно от 15 до 20 км, но однако в центральной части он утолщен до 35–47 км. Под, Абшеронским порогом слой

пониженной скорости относительно приподнят.

В результате обобщения и систематизации сейсмотомографических данных [10, 11] и данных ГСЗ [2, 3] построена модель из 5 слоев земной коры. Профиль 1 (рис. 2, 3) проходит субмеридионально через весь Южный Каспий. Анализ приведенной модели по профилю 1 (рис. 3) позволяет выделить три верхних слоя осадочной толщи со скоростями поперечной волны, слабо меняющимися по площади – от 2,6 до 3,1 км/с. Слой четвертый является фундаментом, а пятый – слоем от подошвы фундамента до границы М. На построенной модели видно, что от пикетов 50 до 300 в интервале глубин от 30 до 50 км выделяется зона сложной геологической информации. Скорости релеевской волны в верхней части интервала изменяются от 5 до 6,6 км/с, а в нижней от 2,4 до 3,2 км/с. В указанной зоне также можно выделить изменение скоростей по вертикали. В интервале пикетов от 50 до 100 наблюдаются значения скорости поперечной волны от 2,4 до 2,8 км/с, а в интервале пикетов от 150 до 250 скорости составляют от 3,0 до 3,2 км/с. Изменение волновой картины также выделяется и в интервале пикетов от 350 до 600. В целом по профилю 1 ниже подошвы пятого слоя выделяется зона с поперечными скоростями более 5,5 км/с.

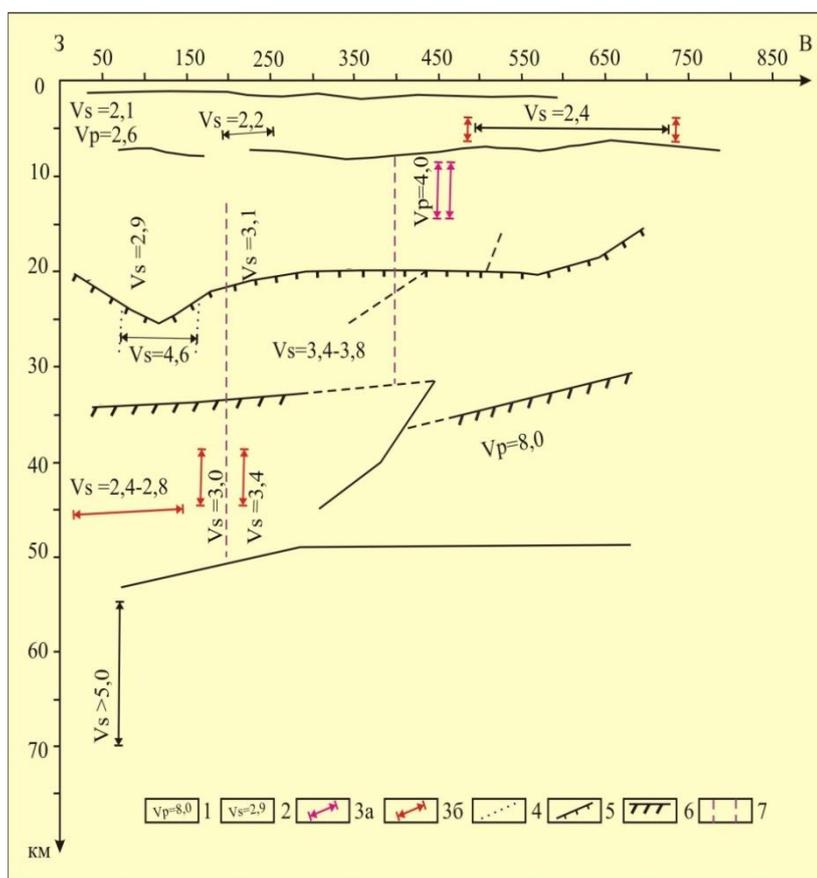


Рис. 3. Модель земной коры Южного Каспия по профилю 1 (СЗ-ЮВ) направление, составленному автором по данным [5, 3, 2, 10, 11].
 Условные обозначения: 1,2 – продольные и поперечные скорости, км/с;
 3 а, б – зоны инверсии скорости, по данным [2, 3] и [10, 11] соответственно;
 4 – зоны мантийных скоростей, км/с; 5 – поверхность фундамента;
 6 – граница М; 7 – границы блоков

Полученная модель дала возможность проследить изменения консолидированной коры по СЗ-ЮВ профилю, проходящему через весь Южный Каспий (рис. 2, 3).

В северо-западной части профиля наблюдается прогибание консолидированной

коры. Консолидированная кора в этой части профиля залегает на глубине 26 км, а поверхность Мохо прослеживается на глубине 34 км. В Центральном Южно-Каспийском прогибе консолидированная кора отмечается на глубине 20 км. В северо-западной части Центрального Южно-Каспийского прогиба поверхность Мохо залегает на глубине 20 км, тогда как в юго-западной части Центрального Южно-Каспийского прогиба поверхность Мохо наблюдается на глубине от 35 до 37 км. На модели между пикетами 400–450 в Центральном Южно-Каспийском прогибе по поверхности фундамента и Мохо прослеживается глубинный разлом с направлением падения в СЗ сторону. В юго-восточной части профиля отмечается воздымание фундамента. Фундамент в этой области залегает на глубине от 20 до 15 км, а поверхность Мохо прослеживается в интервале от 30 до 33 км.

На основании полученной модели мощность консолидированной коры в Южном Каспии в пределах изучаемого профиля варьирует от 8 до 17 км. Поверхность Мохо в данной части ЮКВ залегает на глубинах от 30 до 37 км. Это означает, что тип коры в пределах изучаемой зоны ЮКВ не одинаков. Таким образом, в ЮКВ наблюдается как океанический, так и субокеанический тип коры.

Заключение

На основе сейсмотомографических данных построена модель земной коры Южного Каспия по профилю, пересекающему ЮКВ в направлении с СЗ на ЮВ. Установлено, что мощность консолидированной коры в Южном Каспии в пределах изучаемого профиля не одинакова и варьирует от 8 до 17 км. Поверхность консолидированной коры здесь прослеживается на глубинах от 15 до 26 км., а поверхность Мохо – от 30 до 37 км. Учитывая, что по данным ГСЗ в Южном Каспии граничные скорости по поверхности фундамента составляют 6,5–6,8 км/с, по границе внутри коры 6,9 км/с и вдоль поверхности Мохо (М) 8 км/с, можно сделать вывод, что в Южном Каспии наблюдается как океанический, так и субокеанический тип коры.

Список литературы

1. Аксенович Г. И. и др. Глубокое сейсмическое зондирование в центральной части Каспийского моря. Изд. АН СССР, Москва, 1962. – 152 с.
2. Баранова Е. П., Краснопевцева Г. Б., Павленкова Н. И. и др. Альпийская геосинклиналь Кавказа. В кн.: Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР. М.: Наука, 1980. – С. 110-116.
3. Баранова Е. П., Косминская Н. П., Павленкова Н. И. Результаты переинтерпретации материалов ГСЗ по Южному Каспию. Геофизический журнал. № 12, 5. 1990. С. 60-67.
4. Гаджиев Р. М. Глубинное геологическое строение Азербайджана. Баку: Азгосиздат, 1965. – 200 с.
5. Гулиев И. С., Павленкова Н. И., Раджабов М. М. Зона регионального разуплотнения в осадочном чехле Южно-Каспийского бассейна // Изв. АН СССР, Литология и полезные ископаемые. № 5. 1988. С. 130-136.
6. Исмаилов К. А. Гасанов И. С. Современная структура Южно-Каспийской впадины и ее связь с глубинной тектоникой. В сб.: Геофизическая разведка на Каспийском море. М., «Недра», 1966. С. 86-105.
7. Мамедов П. З. Сейсмостратиграфические исследования геологического строения ЮКМБ. Автореферат докторской дисс., 1991.
8. Мамедов П. З., Изучение земной коры ЮКМБ по данным сверхглубинной сейсмологической службы АНАН. Баку, 2009. С. 134-147.
9. Шихалибейли Э. Ш., Гасанов А. Г., Тагиев Р. Э. и др. Основные черты строения мезозойских образований Южного Каспия по новым данным. «Доклады АН

Азербайджанской ССР», т. XXXVIII, № 9. 1982. С. 5-20.

10. Якобсон А. Н. Литосфера Южного Каспия. Томографическая модель. Отечественная геология, 2000. С. 34-45.

11. Якобсон А. Н. Основные черты строения литосферы Южного Каспия по данным о сейсмической рэлеевской волне / Доклады Академии Наук, т. 353, 1997. С. 111-113.

12. Brunet M. F. et. al. The South Caspian Basin a review of its evolution from subsidence modeling / Sedimentary Geology 156. Elsevier., P. 119-148.

13. Jackson, J., Priestly, K., Allen, M., Berberian, M., 2002. Active tectonics of the South Caspian Basin // Geophys. J. Int. 148, 2003. P. 214-245.

14. Kadirov F. A. Gravity model of lithosphere in the Caucasus-Caspian region. SOUTH-CASPIAN BASIN: geology, geophysics, oil and gas content. Baku, «Nafta-Press», 2004. – 333 p.

15. Kadirov, F. A., Gadirov, A. H. A gravity model of the deep structure of South Caspian Basin along submeridional profile Alborz–Absheron Sill, Glob. Planet. Change. 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.09.001>.

16. Khain, V. E. The problem of origin and age of South Caspian Basin and its probable solutions. Geotectonics 1, 2005. P. 40-44 (in Russian).

17. Knapp, C. C., Knapp, J. H., Connor, J. A. Crustal-scale structure of the South Caspian Basin revealed by deep seismic reflection profiling. Mar. Petrol. Geol. 21, 2004. P. 1073-1081.