ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА

УДК 550.812
DOI: 10.46698/VNC. 2021.68.77.003

Оригинальная статья

Роль геодинамического напряжения в формировании нефтегазовых структур в Каспийском море (на примере месторождений Шахдениз, Умид, Бабек, Булла-Дениз)

Г. О. Велиев

Республиканский Центр Сейсмологической Службы, Республика Азербайджан, AZ1001, г. Баку, ул. Г. Джавида, 123, e-mail: humbat2007@mail. ru

Статья поступила: 24.03.2021, доработана: 22.04.2021, принята к публикации: 12.05.2021

Резюме: Актуальность работы. В статье рассматривается геодинамическое напряжение в формировании нефтегазовых структур в пределах Каспийского моря (на примере нефтяных месторождений Шахдениз, Умид, Бабек и Булла Дениз). **Цель работы.** Была предложена теория формирования Каспийского бассейна на основе модели формирования мантийных плюмов. **Метод работы.** В данной методике предполагается, что в пределах мантийных плюмов происходит подъём вещества и вынос тепла из мантийных глубин. Считается также, что в головной части мантийного плюма происходит частичное плавление мантийного вещества и образуется магмогенерирующая область. Магма, формирующаяся в головной части, обычно имеет щёлочно-базальтовый состав. При достижении мантийным плюмом подошвы литосферы над ним проявляется плюмовый магматизм: происходит внедрение интрузий в земную кору и вдоль границы земной коры и мантии. В статье отмечено, что в области, охватываемой Палео-Каспием, магма переместилась из мантийного слоя на поверхность Земли, изменила свою структуру вблизи поверхности Земли, а область, очерченная локальными аномальными полями в гравитации и магнитных полях, соответствует палеокаспийской морфологии. Зоны сейсмической активности и круговые региональные разломы, в условиях геодинамического напряжения современного Каспийского бассейна считаются признаками плюмового процесса. **Результаты работы.** Установлено, что сильные землетрясения с относительной магнитудой M≥6-8 происходят в диапазоне глубин 7-20 км. В северной дуге Южного Каспия, где активность плюма все еще присутствует в интервале 55-65 км в базальтовом слое, в этом интервале наблюдаются признаки деформации в соответствии с характерными очагами землетрясения. Геодинамическое напряжение, накопленное в результате горизонтальных, вертикальных и круговых движений, создаваемых плюмом в мантии, повлияло на динамику осадочного слоя до глубины 25 км, границы Конрада 20-32 км и границы Мохо до глубины 40-53 км, где постоянно менялась морфоструктура осадочного слоя. Процесс осаждения в бассейне Каспийского моря начался до мезозоя, и в течение юрского периода земная кора продолжала снижаться и примерно с такой же тенденцией происходило формирование бассейна. В результате вихревого движения, созданного магматическим шлейфом в Каспийском бассейне, выстроились кольцевые спиральные антиклинальные структуры (Бахар, Шах-Дениз, Абшерон, Шафаг, Машал, Бабек, Умид, Булла-Дениз, Асиман, Зафар и др.), где было накоплено большое количество углеводородного потенциала страны. Проанализированы стратиграфическо-литологические особенности отложений в структуре Умид и показано, что там запасы нефти и газа очень велики.

Ключевые слова: геодинамическое напряжение, модель тектоники плит, модель мантийного плюма, гравитационное поле, деформация, глубокие углеводородные залежи, миграция в глубокие слои, зона тектонического активного разлома.

Для цитирования: Велиев Г. О. Роль геодинамического напряжения в формировании нефтегазовых структур в Каспийском море (на примере месторождений Шахдениз, Умид, Бабек, Булла-Дениз). *Геология и геофизика Юга России.* 2021. 11 (2): 36 – 50. DOI: 10.46698/VNC. 2021.68.77.003.

GEOTECTONICS AND GEODYNAMICS

DOI: 10.46698/VNC. 2021.68.77.003

Original paper

The role of geodynamic stress in the formation of oil and gas structures in the Caspian Sea (on the example of the Shah Deniz, Umid, Babek, Bulla Deniz fields)

G. O. Veliev

Azerbaijan Republican Seismic Survey Center, National Academy of Sciences. 123 Guseyn Javid Str., Baku AZ1001, Azerbaijan, e-mail: humbat2007@mail. ru

Reseived: 24.03.2021, revised: 22.04.2021, accepted: 12.05.2021

Abstract: Relevance. The article considers the geodynamic stress in the formation of oil and gas structures within the Caspian Sea (on the example of the Shah Deniz, Umid, Babek, Bulla Deniz fields). **Aim.** A theory for the formation of the Caspian basin was proposed based on the "mantle plume" model. **Methods.** In this technique, it is assumed that within the mantle plumes there is an uplift of matter and heat removal from the mantle depths. It is also believed that in the head of the mantle plume there is a partial melting of the mantle material and a magma-generating area is formed. The magma that is formed in the head is usually alkaline-basalticcomposition. When the mantle plume reaches the base of the lithosphere, plume magmatism appears above it: intrusions are introduced into the earth's crust and along the border of the earth's crust and mantle. It is noted that in the area covered by the Paleo-Caspian, magma moved from the mantle layer to the Earth's surface. Thus, it changed its structure near the Earth's surface, and the area outlined by local anomalous fields in gravity and magnetic fields corresponded to the paleocaspian morphology. Zones of seismic activity and circular regional faults, under the geodynamic stress of the modern Caspian basin, are considered signs of a plume process. **Results.** It has been established that strong earthquakes with a relative magnitude of M≥6-8 occur in the depth range of 7-20 km. In the northern arc of the South Caspian, where plume activity is still present in the 55-65 km interval in the basalt layer, there are signs of deformation in this interval in accordance with the characteristic earthquake sources. Geodynamic stress accumulated as a result of horizontal, vertical and circular motions created by the plume in the mantle influenced the dynamics of the sedimentary layer to a depth of 25 km, the Conrad boundaries 20-32 km 40-53 km, and the Moho boundaries to a depth of 40-53 km. There the morphostructure of the sedimentary layer was constantly changing. The deposition process in the basin of the Caspian Sea began before the Mesozoic, and during the Jurassic period the earth's crust continued to decline and the formation of the basin took place with approximately the same tendency. As a result of the vortex movement created by the magmatic plume in the Caspian basin, the circular spiral anticlinal structures (Bahar, ShahDeniz, Absheron, Shafag, Mashal, Babek, Umid, BullaDeniz, Asiman, Zafar, etc.) were built. There was accumulated the large amount of the country's hydrocarbon potential. The stratigraphic and lithological features of deposits in the structure ofUmidare analyzed and it is shown that there are very large reserves of oil and gas.

Keywords: geodynamic stress, plate tectonics model, mantle plume model, gravity field, deformation, deep hydrocarbon deposits, migration into deep layers, active tectonic fault zone.

For citation: Veliev G. O. The role of geodynamic stress in the formation of oil and gas structures in the Caspian Sea (on the example of the Shah Deniz, Umid, Babek, Bulla Deniz fields). *Geologiya I Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2021. 11 (2): 36 – 50. DOI: 10.46698/VNC. 2021.68.77.003.

Введение

Каспийский бассейн занимает площадь 392 600 км^2 и имеет объем 78 648 км^3, что составляет 44% от общих водных ресурсов озер на Земле. Азербайджан, Грузия, Иран, Туркменистан, Казахстан, Россия, Турция и ее территория полностью или частично связаны с водами данного бассейна. Реки, протекающие через эти районы, продолжают заполнять Каспийский бассейн осадками. Из-за размеров и закрытого характера водосборного бассейна Каспийское море можно назвать климатическим индикатором планеты Земля. Его геоморфология, рельеф, форма основания осадочного бассейна, геолого-тектоническое строение дают большое основание полагать, что процесс «мантийного плюма» сыграл ключевую роль в формировании этой региональной геоструктуры [Хаин, 2003, 2005а, 2010; Allen et al., 2004].

Мощность осадочного чехла в Каспийском бассейне составляет 7-9 км в прибрежных районах Шах-Дениз, Умид, Бабек и т. д. В центральной части мощность осадочного слоя достигает более 18-25 км [Valiyev, 2016]. В туркменском секторе толщина осадочного слоя составляет более 20 км. Средняя плотность пород в исследуемом регионе составляет 2,65-2,85 г/см^3, толщина слоя литосферы на периферии составляет 45-55 км, в центральной части 30-40 км. Гранитный слой в центральной части бассейна трудно проследить. Уровень Каспийского моря составляет около 26,75 метров ниже уровня моря, а самая глубокая точка – 1025 метров.

Формирование Каспийского моря началось в очень древний геологический период, в течение которого изменилась его геоморфологическая форма, произошло несколько фаз трансгрессии и регрессии с различными высотами и периодами уровня воды. В следующем геологическом периоде (около 70 миллионов лет назад) началась изоляция и постепенное отделение Понтокаспийского бассейна от океана Тетис и южных морей. В конце понтийского периода, в среднем плиоцене (10 миллионов лет назад), огромное и закрытое Сарматское море, которое покрывало территорию, занятую современным Черным и Каспийским морями, было разделено на разные части, где позднее образовался отдельный изолированный бассейн – Каспийское море.

Геоморфология Каспийского моря. По геоморфологическим особенностям, физико-географическим условиям и геолого-тектоническому строению Каспийский бассейн делится на три части: Северный, Средний и Южный Каспийские бассейны. Около 130 крупных и малых рек впадают в бассейн Каспийского моря. Наибольшее количество осадков в бассейн приносят такие реки: Волга, Терек, Кура, Гусарчай, Гудьялчай, Вальвалачай, Ленкоранчай и Астара. В Каспийском море всегда происходит круговорот воды. Круговорот воды, его направление и скорость течения влияют на накопление осадка и формирование рельефа морского дна. В Каспийском море выделяются Дербентская (788 м) и Ленкоранская (1025 м) впадины. Рельеф дна Южного Каспия характеризуется шельфом, континентальным склоном, глубокими впадинами и подводными поднятиями [Леонтьев и др., 1977]. Ширина шельфовой зоны чередуясь с крутыми скалистыми берегами и участками с песчаным грунтом на западном побережье составляет 43 км. В северной части шельфа преобладают равнины. Над Каспийским морем доминируют северо-западный, северный и юго-восточный ветры.

Среднегодовая температура воды в Каспийском море колеблется между 7-8°С на северо-востоке и 15-17°С на юге. Поскольку Каспийское море является закры-

тым водным бассейном, климатические условия, глубина моря и рельеф дна, а также физико-географические особенности побережья сыграли важную роль в процессе седиментации.

В Каспийском бассейне, в основном в южной части широко распространены грязевые вулканы. На Земле зарегистрировано более 2000 известных грязевых вулканов, из которых около 500 находится в Каспийском бассейне и 344 на территории Азербайджана. Грязевые вулканы наблюдаются в море в виде отдельных островков.

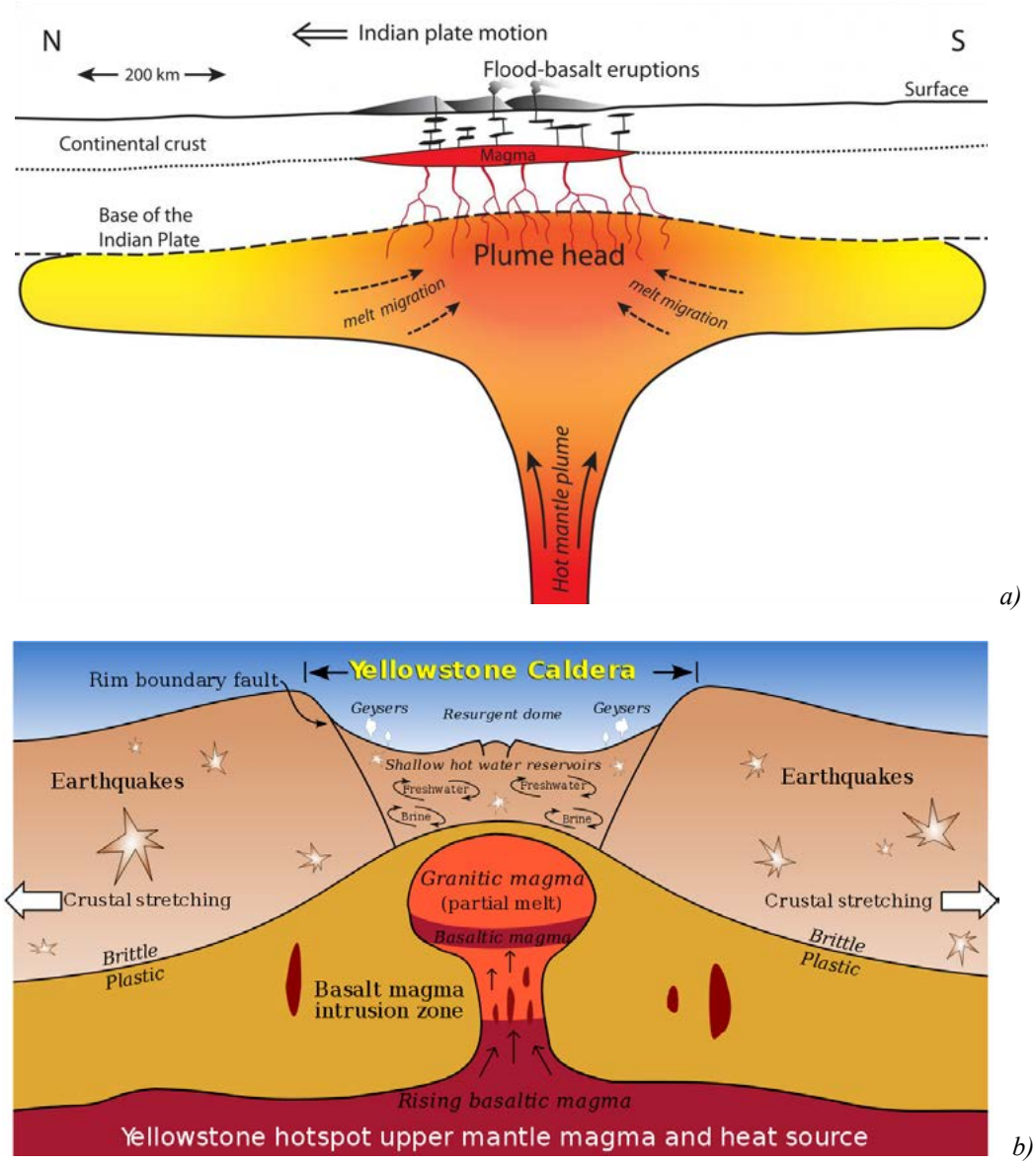


Рис. 1. Прогнозные схематические модели, созданные плюмом в зоне, соответствующей Каспийскому бассейну: а) вертикальные и горизонтальные смещения плюма, созданные тектоникой Индийской плиты [Richards et al., 2015]; b) диаграммы Йеллоустонской кальдеры, стадия формирования морфоструктуры плюма в слое литосферы (http://www. nps. gov/archive/yell/tours/fountainpaint/hotspot_yell. htm) /

Fig. 1. Predictive schematic models created by a plume in the zone corresponding to the Caspian basin: a) plume directed to the earth's crust, as well as vertical and horizontal displacements created by the lithosphere; b) spiral and various shapes during the movement of plywood to the earth's crust; c) the formation stage of the plume morphostructurein the lithospherelayer, cooling down and corresponding to the Caspian basin

Согласно палеогеологическим, палеогеографическим, археологическим и историческим данным, уровень Каспийского моря всегда менялся.

Формирование континентов и океанов на Земле вследствие глобальных тектонических процессов, механизма накопления энергии геодинамического напряжения в сейсмически активных зонах, образование месторождений полезных ископаемых, в основном нефтяных, а также генезис накопления в них углеводородов объясняются различными моделями. Научные геологические исследования данного региона были начаты в 1830 годах, где ученые изучали эндогенные процессы в прошлом, тектонические деформации и т. д. До 60-х годов XX века, основывались на теории фиксизма, где моделировались геологические изменения в литосфере и происходило формирование геоструктур [Зоненшайн и др., 1990а, б; Хаин, 2005а, 2010; Allen et al., 2004]. Во второй половине прошлого века измерительные приборы усовершенствовались, и сторонники мобилизма, которые показали, что литосфера

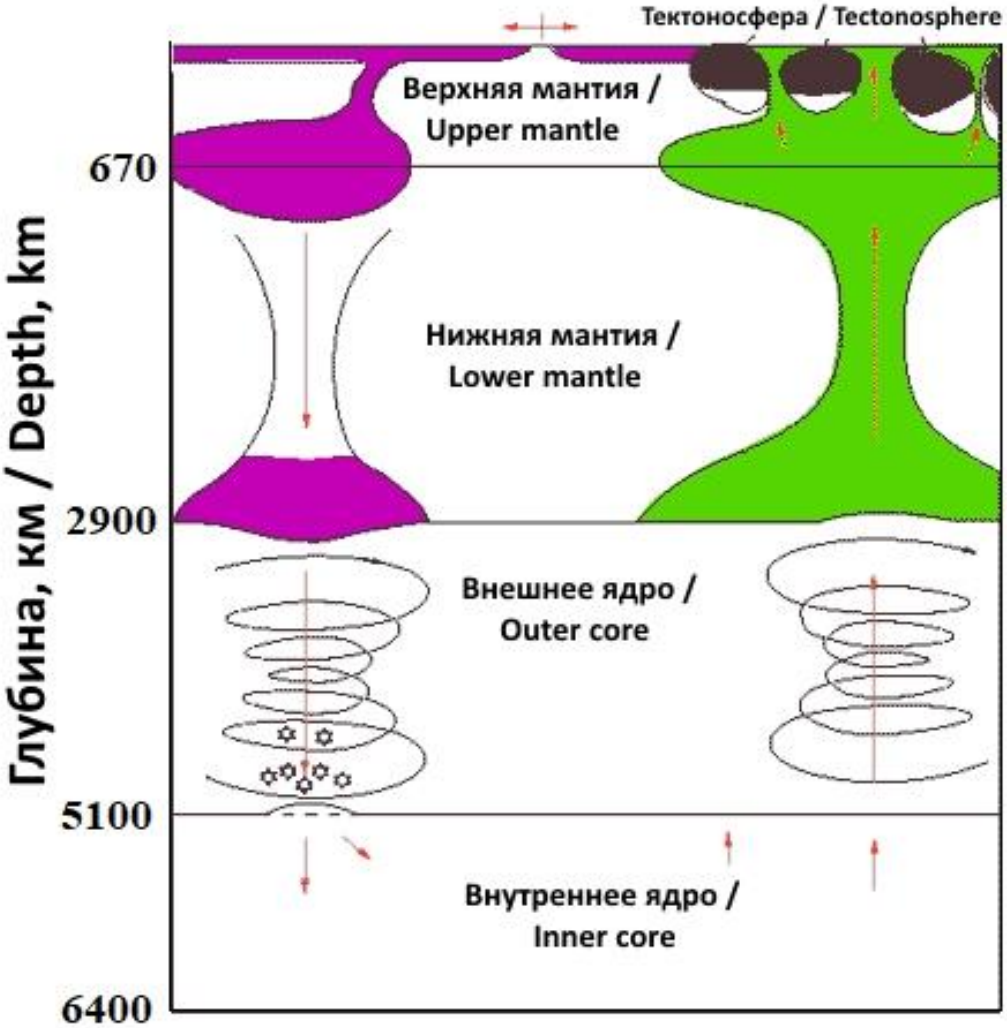


Рис. 2. Схема глобальной тектоники. Выделяются три главные геосферы с различно протекающими в них процессами: ядро, нижняя мантия и верхняя мантия с корой, объединяемая в тектоносферу. Стрелками показано движение вещества [Maruyama, 1994] /
Fig. 2. Model of the Caspian basin, corresponding to the model of the Plume mantle no [Maruyama, 1994]

делится на континентальный и океанический тип, создали модель тектоники плит, основанную на горизонтальных движениях. В настоящее время формирование Каспийского бассейна в соответствии с этой моделью объясняется многочисленными исследованиями, но новые данные, полученные в последние годы, выявили много особенностей, не соответствующих этой модели [Хаин, 2005а, 2010., Valiyev, 2016].

Метод исследования

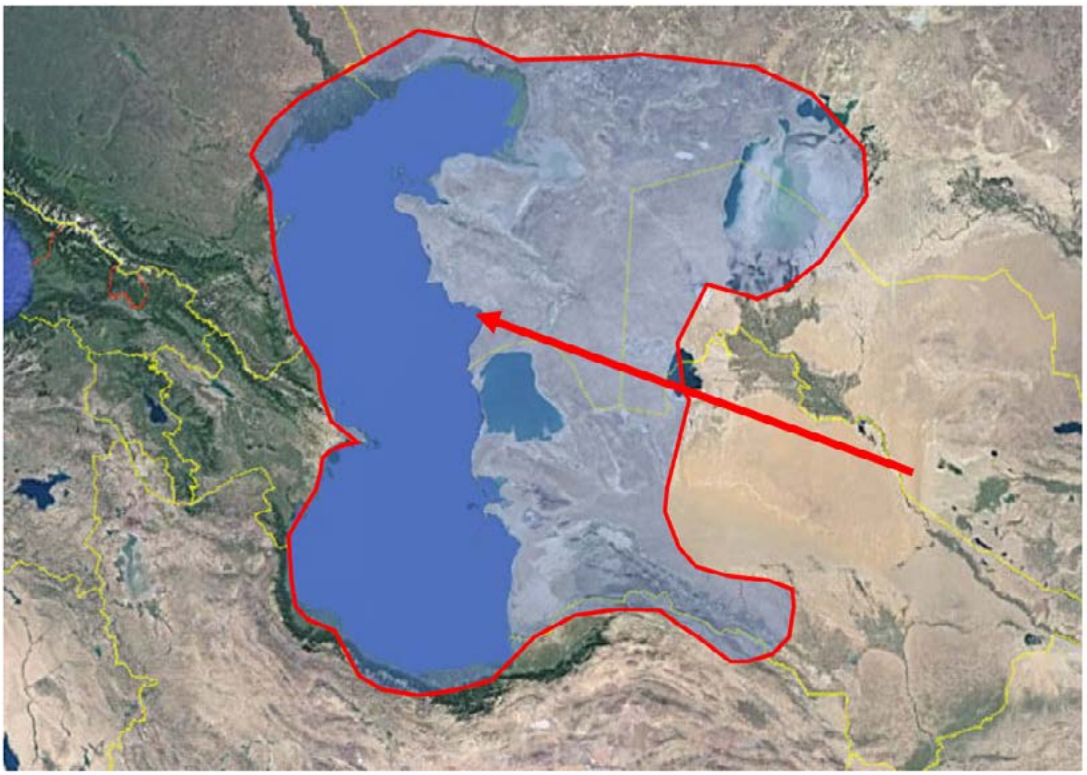
Принимая во внимание геофизические данные, собранные к настоящему времени в наших исследованиях, мы попытались проанализировать формирование Каспийского бассейна со ссылкой на модель, которая была предложена Ш. Маруямой [Хаин, 2003, 2005б; Maruyama, 1994], основанную на теории «мантии плюма» Тучо Уилсона и выдвинутой в 1965 году. В этой модели в зоне перехода ядро-мантия, возбуждение магмы заставляет перемещаться плюм на поверхность [Грачев, 1996; Кузьмин, Ярмолюк, 2016; Maruyama, 1994] (рис. 1). Из схематических моделей, созданных под действием плюма в районе, соответствующем Каспийскому бассейну видно, что плюм двигался в направлении земной коры и создавал вертикальные и горизонтальные смещения в литосфере. Геодинамические условия окружающей среды менялись при различных движениях расплава во время передвижения плюма к земной коре. На рисунке 1б показан плюм, который начал охлаждаться в литосфере на примере Йеллоустонской кальдеры. Впоследствии сформировалась морфоструктура, вероятно соответствующая региону Каспийского бассейна, и эти процессы все еще продолжаются.

Плюм, который переместился к поверхности Земли из соответствующего мантийного слоя в зоне Палео-Каспийского региона, был основой для формирования этого бассейна. Изменялась морфоструктура плюма у поверхности земли, в определенные геологические периоды был активирован процесс магматизма, в некоторых районах были захоронены интрузии и извержения вулканов (рис. 2).

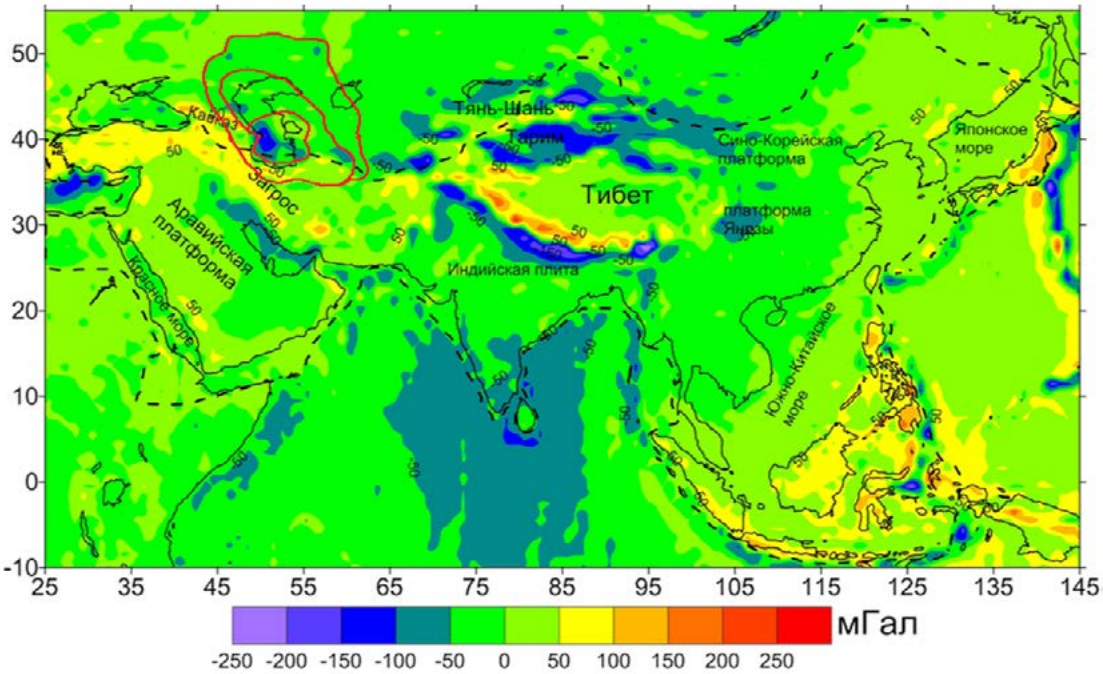
На следующих этапах активность плюма уменьшилась и как бы опустилась до стадии холодного затвердевания, и в его районе начал формироваться Каспийский бассейн. Морфоструктура депрессии, образованной массой плюма показана на рисунке 3 [Сеначин, Баранов, 2016]. Деятельность движения плюма создала большое количество тектонических разломов в верхних слоях земной коры. На карте, которая отражает тепловые условия, изменения температуры, также отражается кольцевая конфигурация Каспийского бассейна [Veliyev, 2016].

Зоны сейсмической активности Каспийского бассейна в соответствии с кольцевой формой и наблюдаемыми круговыми региональными разломами отражают современные геодинамические условия Каспийского бассейна [Гарагаш, Дубовская, 2009]. Отметим, что современные напряженно-деформированные условия Каспийского бассейна, зоны тектонических разломов, сейсмически активные районы, а также сильные землетрясения согласуются с фактами, связанными с плюм-мантийными процессами (рис. 4). Деформация пластов в геологических разрезах в направлении тектонических разломов по глубине прослеживается и формируется в виде дуги. Геодинамическое напряжение привело к образованию антиклинальных, синклинальных и других кольцевых структур в осадочном слое [Зоненшайн и др., 1990а, б].

В бассейне Куры методом глубинного сейсмического зондирования были проведены исследования и построены двухмерные профиля. В профилях, разработанных на южном склоне Большого Кавказа (автор был участником сейсмических ис-



a)



b)

Рис. 3. Карты морфоструктуры палеоопасности (a), создаваемой плюмом, и площади современного Каспийского бассейна, очерченной характерным локальным минимумом в гравитационном поле [Зоненшайн и др., 1990а, б], (b) соответствующим «массе плюма» [Зоненшайн и др., 1990а, б];

Fig. 3. Maps of the paleo hazard morphostructure (a) created by the plume and the area of the modern Caspian basin, outlined by a characteristic local minimum in the gravitational field [Zonenshain et al., 1990a, b], (b) corresponding to the "plume mass" [Zonenshain et al., 1990a, b]

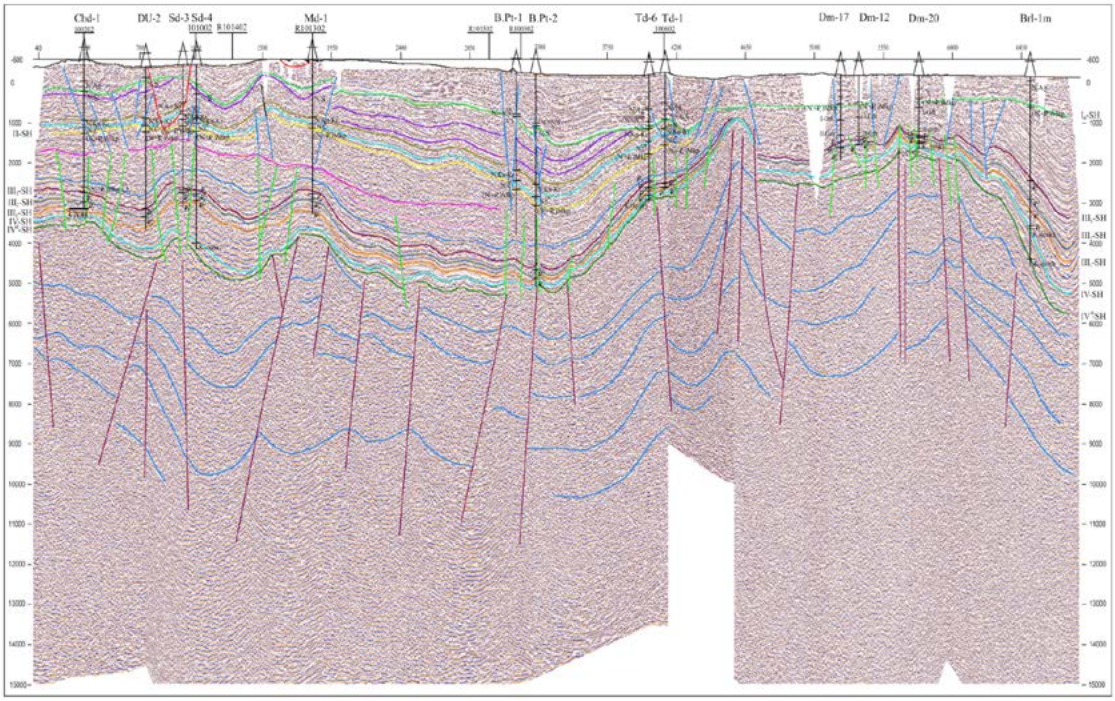


Рис. 4. Признаки деформации тектонических разломов, наблюдаемых в бассейне Куры по данным сейсморазведки /
Fig. 4. Deformation signs of tectonic faults observed in the Kura basin according to exploration seismologydata

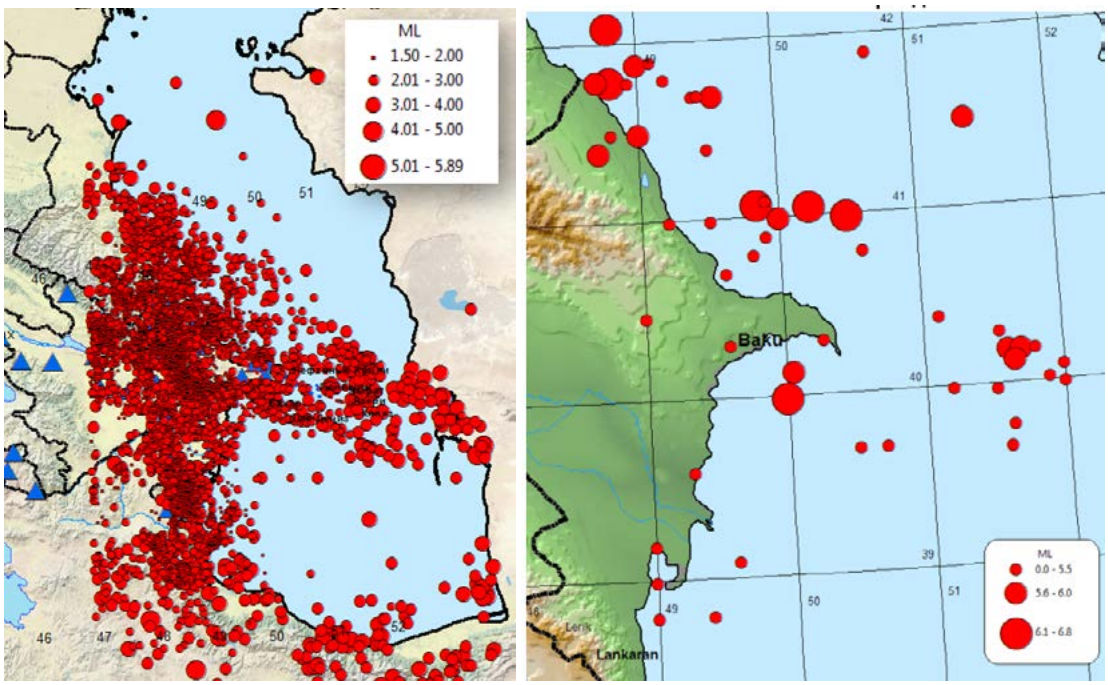
следований), было установлено, что признаки деформации тектонических разломов различны по сечению, а признаки деформации различны по глубине.

Наибольшая активность деформации и смещения в верхних слоях профилей наблюдается в двух интервалах от 50 до 100 м и от 3500 до 4000 м. При этом тектонические нарушения постепенно принимают косую форму [Valiyev, 2016].

На более глубоких интервалах (3500-9000 м) количество тектонических разломов уменьшается и значительно сохраняется их прежнее вертикальное направление, а признаки деформации в пластах относительно уменьшаются (рис. 4).

В бассейне Куры в региональных профилях имеются три глубинных интервала: от 50-100 м до 1500-2000 м, 4000-4500 м и 8000-10000 м, в которых наблюдаются как признаки деформации, так и визуально отчетливая картина в направлении тектонических разломов. В более глубоких слоях гранита и базальта признаки деформации уменьшаются, а тектонические разломы изменяются почти до первоначальных форм.

По данным GPS исследований были определены направление вектора и значение смещения современного горизонтального движения в каждой точке измерения [Етирмишли и др., 2019] (рис. 5). Были определены зоны геодинамических напряжений, места, где активность может возрасти, т. е. в зонах тектонических разломов и районах, где ожидаются сильные землетрясения. Согласно полученным результатам, в юго-восточной части Малого Кавказа наблюдаются максимальные скорости 9-12 мм/год, в то время как на Большом Кавказе было установлено 12 мм/год в северо-северо-восточном направлении [Kadirov et al., 2008]. Изменение направления движения Апшеронского полуострова на карте соответствует направлению кольцевого движения при смещении горизонтальных движений.



a) *b)*

Рис. 5. Сейсмическая активность в зоне Каспийского бассейна а) и на территрии Азербайджанской республики б) [Kazımova et al., 2020; Етирмишли и др., 2019] /
Fig. 5. Seismic activity in the Caspian basin a) and on the territory of the Republic of Azerbaijan b) [Kazımova et al., 2020; Yetirmishli et al., 2019]

Изменение сейсмической активности наблюдается и на карте эпицентров землетрясений для территории Азербайджана. Хотя количество землетрясений в диапазоне глубин 3-5 км велико, величина магнитуды не превышает M≥4. В этом интервале глубин деформация интенсивна на пересечениях разломов.

Хотя горизонтальные движения быстрые, возникающие тектонические нарушения и большое количество трещин уменьшают энергию растяжения. Сильные землетрясения с относительной магнитудой M≥6-8 происходят в диапазоне глубин 7-20 км и вызывают очень большой ущерб, включая гибель людей. Как видно из разрезов, основанных на сейсмических данных, признаки деформации в диапазоне 7-20 км не очень характерны. В рультате чего, энергия геодинамического напряжения накапливается, и высвобождается во время внезапных событий-землетрясений [Казымова, Казымов, 2016; Valiyev, 2016]. Накопленная энергия напряжения в результате горизонтальных движений накапливается в центре и завершается внезапным тектоническим движением – землетрясением. Движение в механизме очага в виде взброса или сброса, не отражает движения тектонического блока. Геодинамическое напряжение, накопленное в результате горизонтальных, вертикальных и различных движений [Kadirov et al., 2008] в этом регионе, отражается в формировании морфоструктуры осадочного слоя до глубины 25 км, границы Конрада до глубины 20-32 км и границы Мохо до глубины 40-53 км.

Результаты исследований

Энергия геодинамического напряжения вызывает снижение напряжения с выделением очень большого количества энергии во время большого количества

внезапных землетрясений. Эпицентры наблюдаются в зонах контакта блоков и в соответствии с тектоническими нарушениями внутри блока. Таким образом, морфоструктура и динамика активности гранитного, базальтового и осадочного слоев постоянно меняются. По нашему мнению, основной фактор, влияющий на такое изменение и модернизацию бассейна, был связан с процессами мантийного плюма. В рельефе разделительных границ этих слоев круговая конфигурация, создаваемая плюмом, отражается в соответствующих геофизических полях [Veliyev, 2016].

Таким образом, учитывая вышесказанное, можно предположить, что в центре современной Южно-Каспийской впадины Каспийского бассейна в результате вихревого движения, создаваемого магматическим плюмом, и круговой циркуляции моря образовался осадочный комплекс толщиной более 25 км. В результате продолжающегося процесса в эти геологические периоды были сформированы кольцево-спиральные антиклинальные структуры (Бахар, Шах-Дениз, Абшерон, Шафаг, Машал, Бабек, Умид, Булла-Дениз, Асиман, Зафар и т. д.), в результате чего, здесь было накоплено большое количество углеводородного потенциала. Кольцево-спиральное расположение структур наблюдается в секторах южной части Каспийского моря [Астафьев, 2010; Керимов, Новрузов, 2012; Мамиесенов, Филин, 2011].

В целях обоснования возможности богатого углеводородного потенциала в глубоких пластах (в диапазоне 6-15 км и глубже) нами были рассмотрены геологические разрезы месторождений Шах-Дениз, Умид, Бабек. Хотя эти структуры были обнаружены после 1950-х годов, наличие в них нефтяных и газовых месторождений было подтверждено после 1999 года.

В 2008-2012 гг. были обработаны и интерпретированы 16 сейсмических профилей длиной 103 км с целью изучения тектонического строения плиоценовых отложений на участке Умид-Бабек. В 2012 году на участке Умид-Бабек были проведены 3D сейсмические работы на площади 1300^2 км. Здесь в скважине, пробуренной на глубину 6006 м, был вскрыт VII горизонт продуктивного пласта. В результате геофизических исследований скважин было установлено, что горизонты V и VII продуктивного пласта насыщены очень богатым газом. Сильный поток газа был получен с горизонта VII продуктивного пласта. В ходе анализа результаты геофизической разведки (ГИС) скважин, пробуренных на месторождении, сравнивались с геолого-геофизическими данными, полученными в близлежащих районах Шах Дениз, Нахчыван, Алат-Дениз, Зафар-Машал, Бахла и Булла-Дениз, а также было оценено наличие в этих структурах газовых, газоконденсатных месторождений.

В области структуры Умид, в глубоких слоях, на краях грязевого вулкана и во внешних частях структуры, слои менее сложны, чем в верхних слоях, создавая благоприятные условия для миграции углеводородов (рис. 6, 7). Хотя покрытие грязевого вулкана в верхних слоях расширилось из-за геодинамических напряжений, наблюдаемых в структуре месторождения Умид, форма структуры не меняется в более глубоких слоях, а форма антиклинали в слоях сохраняет свои особенности.

Структура Умид имеет вид асимметричной антиклинали вытянутой в направлении северо-запад-юго-восток, выраженной изогипсами на высоте 7000-7900 м. Ширина структуры 3,5-4,0 км и протяженность составляет 19 км. Он отражается в северо-восточном крыле с изогипсами 7000-8700 м и лежит под углом 16-24°. Юго-западное крыло, обозначенное 7000-8500 м, находится под плоским углом (26–45°). Самая глубокая часть синклинали окружена 9600-метровыми изогипсами.

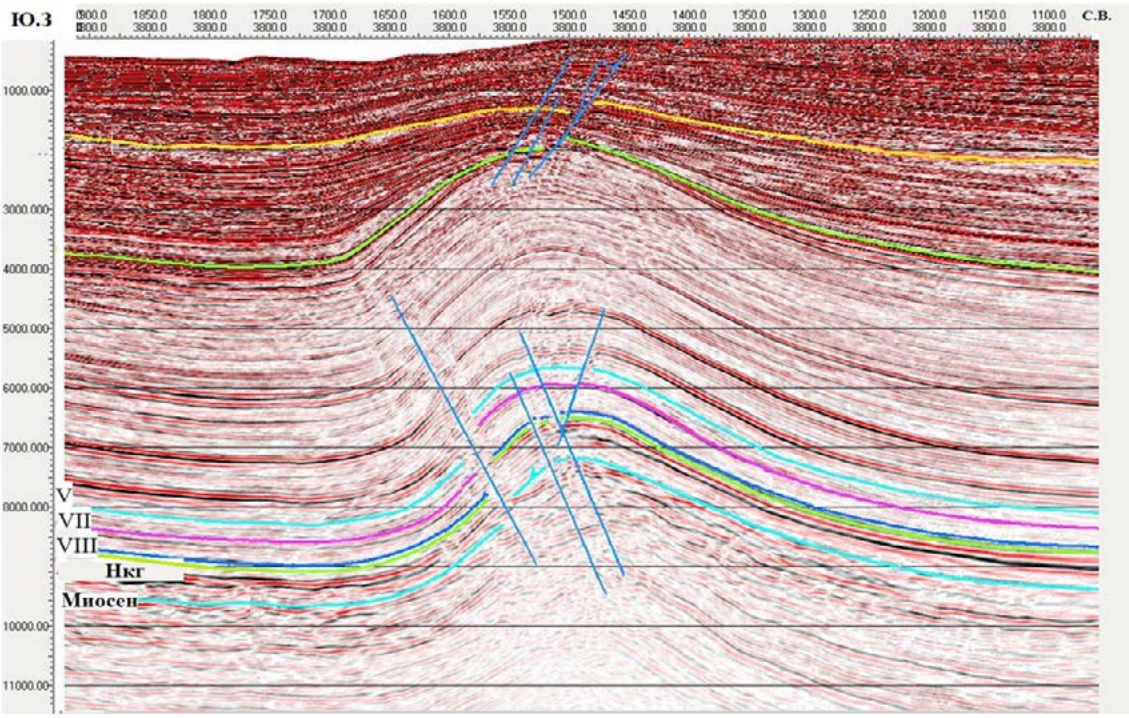


Рис. 6. Глубинный разрез месторождения Умид /
Fig. 6. Deep section of the Umid field

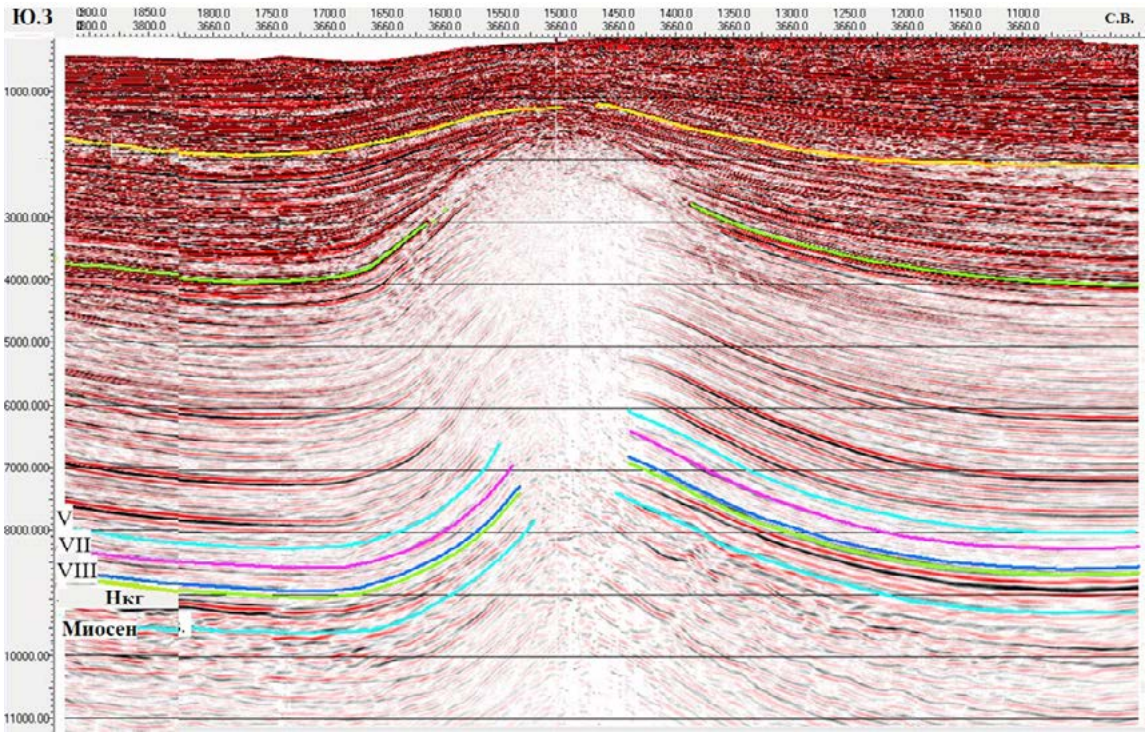


Рис. 7. Глубинный разрез месторождения Умид полученный на программе Crossline 3660 /
Fig. 7. Depth section of the Umid field obtained using the Crossline 3660 program

Структура Бабек условно завершается на изогипсе с отметкой 7750 м. Согласно этому, размеры замкнутой части конструкции составляют 15,5 х 2,7 км. Структура усложняется изломами различной амплитуды, разломами вдоль оси удлинения. В результате дизъюнктивной дислокации арочная часть сооружения разделена на раз-

битые блоки, сдвинутые на юг относительно друг друга. Северо-восточное крыло сооружения, которое имеет более простую конструкцию, погружается до глубины 9250 м на севере и присоединяется к синклиналы Кичикдаг-Умид. Самая глубокая часть синклинали завершается на изогипсе с отметкой 10000 м.

Результаты сейсмических данных подтверждают, что эти структуры имеют благоприятную тектоническую структуру в глубоких слоях и пригодны для образования месторождений углеводородов.

Выводы

Формирование Каспийского бассейна было проанализировано со ссылкой на модель «мантийного плюма» с учетом геофизических данных, и предполагалось, что в формировании современной морфоструктуры бассейна играли роль кольцевые геодинамические процессы, происходящие в мантии.

Геодинамическое напряжение, накопленное в результате горизонтальных, вертикальных и круговых движений, создаваемых плюмом в мантии, повлияло на динамику осадочного слоя до глубины 25 км, границы Конрада 20-32 км и границы Мохо до глубины 40-53 км, где постоянно менялась морфоструктура осадочного слоя. Горизонтальное движение каждого из этих слоев было различным, и землетрясения наблюдающиеся и по сей день, происходили в соответствии с их динамикой.

Геодинамическое напряжение в осадочном чехле наблюдается по горизонтальному смещению в слоистую форме внутри осадочного комплекса. По нашему мнению, с помощью GPS-исследований очень трудно различить горизонтальные движения, которые по-разному наблюдаются на глубине в отдельных комплексах.

На карте эпицентров землетрясений на территории Азербайджана и в глубине гипоцентров в указанных интервалах наблюдаются соответствующие изменения сейсмической активности в форме круга. Сильные землетрясения с относительной магнитудой M≥6-8 происходят в диапазоне глубин 7-20 км. В северной дуге Южного Каспия, где активность плюма все еще присутствует в интервале 55-65 км в базальтовом слое, в этом интервале наблюдаются признаки деформации в соответствии с характерными очагами землетрясений.

Совершенствование современной геодинамической модели с учетом палеогеоморфологических условий Каспийского бассейна, сейсмотектонических особенностей и проведение исследований в соответствии с этой моделью для лучшего руководства поиском структур нефти и газа в более глубоких слоях в будущем могут дать более эффективные результаты.

Умид, Бабек, Шах Дениз и др. структуры Южно-Каспийского бассейна, находятся в районе источника плюма, который все еще активен. Предполагается, что существуют благоприятные условия для образования углеводородов в более глубоких слоях ниже ПТ. Нефтегазовый потенциал вновь пробуренных скважин подтверждает это. На примере структуры Умида коллекторские характеристики отложений под ПТ, тектоническая структура ПТ на разных горизонтах, стратиграфическо-литологические особенности и сейсмогеодинамические условия считаются очень благоприятными для формирования месторождений нефти и газа.

Петрофизические и литологические данные по скважинам, пробуренным в глубоких слоях структуры Умид, а также в районах Шах-Дениз, Булла-Дениз и Алят-Дениз, дают основание утверждать, что в глубоких слоях имеются богатые месторождения нефти и газа.

Литература

1. Астафьев Д. А, Медведев Н. Ф., Ахияров А. В., Толстиков А. В., Гереш М. П., Толстикова Т. А. Тектоно-динамические и литолого-фациальные предпосылки нефтегазоносности Южно-Каспийской впадины. // В сб. научных трудов «Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России до 2030 г.». – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2010. – С. 84-93.

2. Грачев А. Ф. Мантийные плюмы и геодинамика. – М.: Недра, 1996. – 196 с.

3. Гарагаш И. А., Дубовская А. В. Глубинное и разломноблоковое строение земной коры в геомеханической модели напряженно-деформированого состояния Каспийского региона. // Пятые научные чтения памяти Ю. П. Булашевича. – М.: ИФЗ РАН, 2009. – С. 88-92.

4. Етирмишли Г. Д., Велиев Г. О., Казымова С. Э., Исмаилова С. С., Казымов И. Э. Технологии добычи остаточной нефти. // Геология и геофизика Юга России. – 2019. – № 1 (9). – С. 84-96. DOI: 10.23671/VNC. 2019.1.26790

5. Зоненшайн Л. П., Городницкий Л. М. Палеоокеаны и движение континентов. // Природа. – 1976. – № 11. – С. 74-84.

6. Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И. Внутриплитовый вулканизм и его значение для понимания процессов в мантии Земли. // Геотектоника. – 1983. – № 1. – С. 28-45.

7. Зоненшайн Л. Р., Кузьмин М. И., Натапов Л. М. Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 1. – М.: Недра, 1990а. – 326 с.

8. Зоненшайн Л. Р., Кузьмин М. И., Натапов Л. М. Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 2. – М.: Недра, 1990б. – 334 с.

9. Казымова С. Э., Казымов И. Э. Современная геодинамика среднего и южного Каспия. // Геология и геофизика Юга России. – 2016. – № 2. – С. 140-152. DOI: 10.23671/VNC. 2016.2.20814

10. Керимов К. М., Новрузов А. К. Кольцевые структуры Южно-Каспийской мегавпадины и некоторые особенности их нефтегазоносности. // Вестник Бакинского университета. – 2012. – № 4. – С. 18-25.

11. Кузьмин М. И., Ярмолюк В. В. Тектоника плит и мантийные плюмы – основа эндогенной тектонической активности земли последние 2 млрд. лет. Тектоника и геодинамика. // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. № 1. – С. 11-30.

12. Леонтьев О. К., Маев Е. Г., Рычагов Г. И. Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 210 с.

13. Мамиесенов Н., Филин А. С. Геолого-геотермическая эволюция рифтогенных зон восточных районов Южно-Каспийского впадины. // Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России до 2030 г. – 2012. – № 1 (9). – С. 195.

14. Сеначин В. Н., Баранов А. А. Гравитационные аномалии коры и верхней мантии центральной и южной Азии. // Геодинамика и тектонофизика. – 2016. – Т. 7. № 4. – С. 513-528.

15. Хаин В. Е. Основные проблемы современной геологии. – М.: Научный мир, 2003. – 348 с.

16. Хаин В. Е. Проблема происхождения и возраста Южно-Каспийской впадины и ее возможные решения. // Геотектоника. – 2005а. – № 1. – С. 40-44.

17. Хаин В. Е. Современная геология: Проблемы и перспективы. // Соросовский образовательный журнал. – 2005б. – № 1. – С. 66-73.

18. Хаин В. Е. Об основных принципах построения подлинно глобальной модели динамики Земли. // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. № 6. – С. 753-760.

19. Allen M., Jackson J., Walker R. Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates. // Tectonics. – 2004. – 23 p.

20. Kazimova S. E., Ismailova S. S., Bakirov M. A. Geographical and geodynamic features of the Caspian Sea and seismogeotectonics of the Azerbaijani sector. // Azerbaijan oil industry Journal. – 2020. – No. 4. – pp. 9-14.

21. Maruyama Sh. Plume tektonice. // Geol. Soc. Japan. – 1994. – No. 1. – pp. 24-49.

22. Richards M. A., Alvarez W., Self S., Karlstrom L., Renne P. R., Manga M., Sprain C. J., Smit, J. Vanderkluysen L., Gibson S. A. Triggering of the largest Deccan eruptions by the Chicxulub impact. // Geol. Soc. Am. Bull. – 2015. – Vol. 127. – pp. 1507-1520.

23. Veliyev H. O. Geodinamic model, seismic activity of the south Caspian basin and perspective direction of oil and gas fields exploration. // Seismoprogn, Observ. Territ. Azerb. – 2016. – Vol. 13. No. 1. – pp. 32-37.

References

1. Astaf'ev D. A, Medvedev N. F., Akhiyarov A. V., Tolstikov A. V., Geresh M. P., Tolstikova T. A. Tectono-dynamic and lithofacies prerequisites for the oil and gas potential of the South Caspian depression. In: Proceedings"Problems of resource provision for gas-producing regions of Russia until 2030". Moscow. Gazprom VNIIGAZ, 2010. pp. 84-93. (In Russ.)

2. Grachev A. F. Mantle plumes and geodynamics. Moscow. Nedra, 1996. 196 p. (In Russ.)

3. Garagash I. A., Dubovskaya A. V. Deep and fault-block structure of the earth's crust in the geomechanical model of the stress-strain state of the Caspian region. In: Proceedings of Fifth scientific readings in memory of Yu. P. Bulashevich. Moscow, IPE RAS, 2009. pp. 88-92. (In Russ.)

4. Yetirmishli G. D., Valiyev H. O., Kazimova S. E., Ismailova S. S., Kazimov I. E. Residual oil recovery technologies. Geology and Geophysics of Russian South. 2019. No. 1 (9). pp. 84-96. DOI: 10.23671/VNC. 2019.1.26790 (In Russ.)

5. Zonenshain L. P., Gorodnitsky L. M. Paleo-oceans and continental movement. Priroda. 1976. No. 11. pp. 74-84. (In Russ.)

6. Zonenshain L. P., Kuzmin M. I. Intraplate volcanism and its significance for understanding the processes in the Earth's mantle. Geotectonics. 1983. No. 1. pp. 28-45. (In Russ.)

7. Zonenshain L. R., Kuzmin M. I., Natapov L. M. Plate tectonics of the USSR territory. Book 1. Moscow. Nedra, 1990a. 326 p.; (In Russ.)

8. Zonenshain L. R., Kuzmin M. I., Natapov L. M. Plate tectonics of the USSR territory. Book 2. Moscow. Nedra, 1990b. 334 p. (In Russ.)

9. Kazimova S. E., Kazimov I. E. The modern geodynamics of the middle and southern part of Caspian sea. Geology and Geophysics of Russian South. 2016. No. 2. pp. 140-152. DOI: 10.23671/VNC. 2016.2.20814 (In Russ.)

10. Kerimov K. M., Novruzov A. K. Ring structures of the South Caspian megadepression and some features of their oil and gas potential. Bulletin of Baku University. 2012. No. 4. pp. 18-25. (In Russ.)

11. Kuzmin M. I., Yarmolyuk V. V. Plate tectonics and mantle plumes – thebasis of endogenous tectonic activity of the earth for the last 2 billion years. Tectonics and Geodynamics. Geology and Geophysics. 2016. Vol. 57. No. 1. pp. 11-30. (In Russ.)

12. Leont'ev O. K., Maev E. G., Rychagov G. I. Geomorphology of the shores and bottom of the Caspian Sea. Moscow. Moscow State University, 1977. 210 p. (In Russ.)

13. Mamiesenov N., Filin A. S. Geological and geothermal evolution of riftogenic zones in the eastern regions of the South Caspian depression. Problems of resource provision for gas producing regions of Russia until 2030. 2012. No. 1 (9). pp. 195. (In Russ.)

14. Senachin V. N., Baranov A. A. Gravity anomalies of the crust and upper mantle of central and southern Asia. Geodynamics and Tectonophysics. 2016. Vol. 7. No. 4. pp. 513-528. (In Russ.)

15. Khain V. E. The main problems of modern geology. Moscow. Nauchnyi mir, 2003. 348 p. (In Russ.)

16. Khain V. E. The problem of the origin and age of the South Caspian depression and its possible solutions. Geotectonics. 2005a. No. 1. pp. 40-44. (In Russ.)

17. Khain V. E. Modern Geology: Problems and Prospects. Soros educational journal. 2005b. No. 1. pp. 66-73. (In Russ.)

18. Khain V. E. On the basic principles of building a truly global model of the dynamics of the Earth. Geology and Geophysics. 2010. Vol. 51. No. 6. pp. 753-760. (In Russ.)

19. Allen M., Jackson J., Walker R. Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates. Tectonics. 2004. 23 p.

20. Kazimova S. E., Ismailova S. S., Bakirov M. A. Geographical and geodynamic features of the Caspian Sea and seismogeotectonics of the Azerbaijani sector. Azerbaijan oil industry Journal. 2020. No. 4. pp. 9-14.

21. Maruyama Sh. Plume tektonice. Geol. Soc. Japan. 1994. No. 1. pp. 24-49.

22. Richards M. A., Alvarez W., Self S., Karlstrom L., Renne P. R., Manga M., Sprain C. J., Smit, J. Vanderkluysen L., Gibson S. A. Triggering of the largest Deccan eruptions by the Chicxulub impact. Geol. Soc. Am. Bull., 2015. Vol. 127. pp. 1507-1520.

23. Veliyev H. O. Geodinamic model, seismic activity of the south Caspian basin and perspective direction of oil and gas fields exploration. Seismoprogn, Observ. Territ. Azerb. 2016. Vol. 13. No. 1. pp. 32-37.