

УДК 551.24.551.7 (553.98)

ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И ФОРМИРОВАНИЯ ИХ ЗАЛЕЖЕЙ В ПРЕДЕЛАХ КАСПИЙСКОГО МЕГАБАССЕЙНА

К. А. Сабанаев

Институт геологии ДНЦ РАН

В статье обоснована новая концепция образования углеводородов (УВ) и формирования их залежей в пределах Каспийского мегабассейна. Южно-Каспийская впадина, являясь самой прогнутой частью бассейна Каспийского моря, представляет собой мощный очаг генерации УВ, который наравне с крупными геоструктурными элементами: Средний, Северный Каспий, Терско-Каспийский передовой прогиб и др. сыграл определяющую роль в нефтегазообразовании и формировании залежей УВ в Каспийском мегабассейне. На основании определения степени участия глубоких мантийных разломов в генерации УВ, с учетом петрофизической характеристики и времени пребывания осадочного комплекса в стадии катагенеза, обоснована возможность образования нефти и газа, их миграции в пределах Терско-Каспийской впадины и формирования трансграничных зон нефтегазоаккумуляции.

The article proves the new concept of formation of hydrocarbons (HC) and their reservoirs in the Caspian megabasin. The South-Caspian depression, being the most hog part of the Caspian basin, is the powerful center of HC generation, which along with the large geostructural elements, such as Middle, Northern Caspian, Tersko-Caspian front deflection and others has been playing a clue role in the formation of oil and gas, and hydrocarbon reservoirs in the Caspian megabasin. On the basis of determination of the degree of participation of the deep mantle breaks in generation of hydrocarbons, with the account of petrophysical characteristics and the residence period of sedimentary complex in the stage of katagenesis, proved has been the possibility of formation of oil and gas, their migration within the Tersko-Caspian depression and formation of trans-boundary zones of oil-gas accumulation.

Ключевые слова: осадочные породы; нефть; газ; залежь; очаг генерации; геоструктурные элементы; Каспийский мегабассейн; разлом; нефтегазообразование; нефтегазоаккумуляция; концепция; Южный Каспий.

Keywords: sedimentary rocks; oil; gas; reservoir; centre of generation; geo-structural elements; Caspian megabasin; break; oil-and-gas formation; oil-gas accumulation; the concept; the southern part of the Caspian sea.

Южная впадина является самой прогнутой частью Каспийского моря, где осадочный чехол достигает мощности до 40 км. Уникальность ее заключается еще и в том, что здесь созданы естественные условия для активной генерации углеводородов (УВ), поэтому не зря ее называют самым мощным и крупным очагом генерации УВ [1]. Здесь начали зарождаться отдельные блоки континентальной коры докембрийского возраста. Более поздние геодинамические процессы привели к расколу земной коры, масштабы и интенсивность которого изучены не до конца. Не выяснено влияние внедрения Афро-Аравийской плиты на образование самой глубокой на Земле Южно-Каспийской впадины и крупного очага генерации УВ. Оцененные запасы нефти и газа в пределах Южно-Каспийской впадины составляют 25 млрд туг, сопоставление их с накопленной добычей в пределах акватории Южного Каспия оставляет сомнение в их корректности.

В этой связи обоснование дополнительного источника образования УВ имеет принципиальное значение в обосновании перспектив нефтегазоносности и определения дальнейших направлений геологоразведочных работ (ГРР) в этом весьма перспективном регионе. С этой целью пересмотрены структурные особенности Южно-Каспийской впадины на основании результатов сейсморазведочных работ, полученных за последние 10 лет и любезно предоставленных коллегами из Азербайджана. По этим данным, в подошве осадочного чехла впадины намечается три прогиба: один – южнее о-ва Жилого, а два других связаны с Иранской котловиной и разделены выступами северо-восточного простирания, являющимися продолжением Сефидукского выступа. Установлено, что кристаллический фундамент в Южно-Каспийской впадине залегает на глубине 20–25 км и имеет неоднородное строение. Он обладает различной петрофизической характеристикой в зависимости от наличия или отсутствия «гранитного» слоя. В пределах Туркменского шельфа находится зона приподнятого

залегания фундамента от Южно-Жилинского прогиба, к зоне Тальша – на суше. Фундамент Южного Каспия разбит серией разломов, один из которых ограничивает Апшеронско-Прибалханскую зону поднятий, другой отделяет складчатое сооружение Тальша от южной части рассматриваемой впадины.

Одной из характерных особенностей тектоники дна Южного Каспия является широкое развитие в его пределах грязевого вулканизма, связанного с развитием кайнозойской складчатости. Здесь сосредоточено около 50% известных вулканов мира [2]. Южно-Каспийская впадина имеет самую тонкую (6–8 км) консолидированную кору океанического типа. Она является областью проявления тектонических процессов, продолжающихся и в настоящее время. Литолого-стратиграфическая характеристика отложений дна Южного Каспия изучалась несколькими поколениями исследователей: Г.А. Абих (1864), М.В. Абрамович (1948), Д.А. Агаларов (1955), А.Г. Алиев (1949), А.А. Ализаде (1954), Э.Н. Алиханов (1974), А.Д. Архангельский (1934), З.А. Буниат-Заде (1968), Н.В. Вассоевич (1938), К.П. Калицкий (1911), Д.В. Голубятников (1933), Л.И. Лебедев (1973), Е.Г. Маев (1964), В.С. Мелик-Пашаев (1945), М.В. Мирчинк (1951), В.Е. Хаин (1974), Я.С. Эвентов (1952), Х.В. Юсуфзаде (1965), С.Г. Салаев (1970) и мн. др.

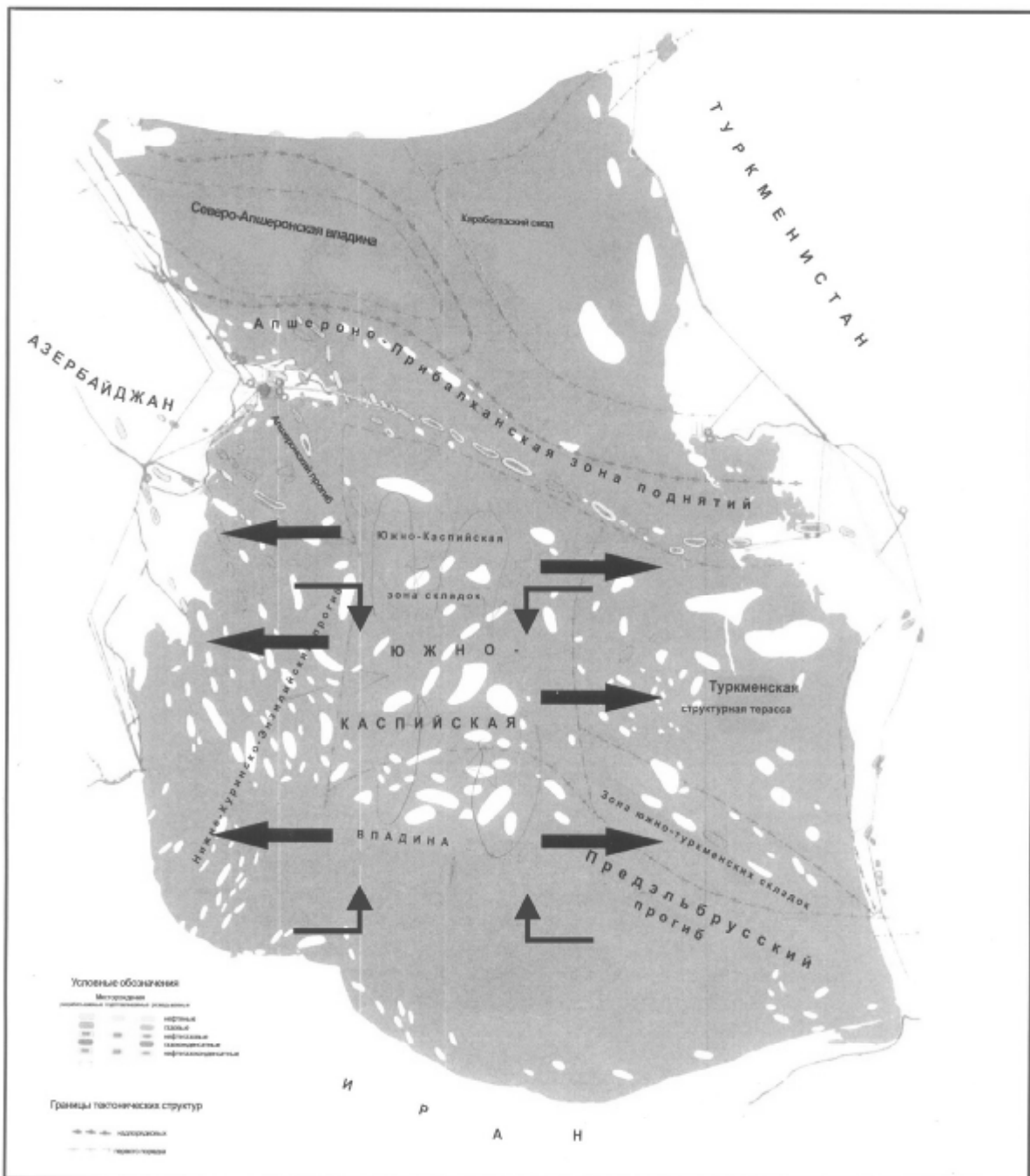
Установлено, что ЮКВ формировалась в Аравийско-Евразийской коллизийной зоне и окаймлена горными системами Большого Кавказа, Копетдага, Тальша, Эльбурса [3]. В позднем триасе был раскрыт основной океанический бассейн Тетис и началось движение Ирано-Афганского микроконтинента с юга на север, который подтолкнул Закавказский микроконтинент и Южно-Каспийское окраинное море, при котором сформировалась зона субдукции (Апшеронский порог) и коллизии (Большой Кавказ). В это же время (средняя юра – бат) сформировалось Большекавказско-Южно-Каспийское окраинное море. В плиоцен-антропогенное время отложились осадки толщиной до 12 км, в нижнем плиоцене 7–8 км, а на мезозойском этапе свыше 6 км вулканогенно-осадочных образований. К концу олигоцен-раннемиоценового времени накопилось осадков толщиной 14–16 км, а в плиоцен-эоценовое время – 10 км. В олигоцен-миоценовое время область была охвачена кратковременным поднятием со вступлением Малого Кавказа в орогенную зону, затем вновь произошла трансгрессия и значительная территория была покрыта майкопским морем с проявлением контуров выступов и заливов.

Наивысшая степень тектонической активности зафиксирована в этом районе в позднеплиоценовое время. Газоносная зона в продуктивной толще сформирована складчатостью как Кавказского, так и антикавказского простирания, где открыто крупнейшее газоконденсатное месторождение Шах-Дениз, введенное в разработку в 2007 г., с запасами 1 трлн м³ газа и 300 млн т конденсата. К этой зоне приурочены перспективные структуры: Апшерон, Нахчыван, Зафар-Машал и др., а также цепочка структур поперечного простирания: Гюлистан-Ататюрк, Гарагараев и Гусейнов, находящаяся на путях миграции УВ в аналогичных условиях с месторождением Шах-Дениз, где глубины залегания продуктивных комплексов доходит

до 6.5 тыс. м. Южно-Каспийская впадина отделена от Средне-Каспийской крупным морфотектоническим элементом – Апшеронским порогом и Апшеронско-Прибалханской складчатой зоной, вытянутой в субширотном направлении, которая является связующим звеном между восточным погружением Главного Кавказского хребта и северо-западным продолжением Кубадаг-Большебалханского сооружения (см. рисунок). Морфология дна и тектоническое строение западной и восточной частей впадины различны. Глубоководная часть имеет извилистое дно. Здесь проявляются подводные хребты высотой 300–500 м, ориентированные в юго-западном направлении, между которыми простираются плоские равнины, к которым приурочены максимальные глубины Южно-Каспийской впадины (1010 м). В северной части впадины преимущественное развитие имеют глубинные разломы фундамента. Чрезвычайно большую мощность осадочного чехла в Южном Каспии маскируют часть глубинных разломов, а с другой стороны, они могут иметь прямую связь с более активной молодой зоной погружения с широким развитием здесь диапиризма и грязевого вулканизма. Отложения мезозоя широко представлены в выбросах

многочисленных грязевых вулканов Восточного Азербайджана, Южного Каспия и Западной Туркмении.

Являясь областью активного альпийского прогибания, Южно-Каспийская впадина характеризуется значительным погружением как мезозойского основания, так и подошвы осадочного чехла, что затрудняет выяснение складчатой структуры всего комплекса. Если сейсморазведка МОВ в какой-то мере дает представление о тектонике плиоценовых и антропогенных отложений, то тектоника мезозойского комплекса остается пока практически невыясненной, особенности строения которой обсуждаются на уровне предположений. Степень дислоцированности осадков возрастает с востока на запад, что подтверждается появлением структурных линий. В восточной части моря молодые отложения относительно спокойно перекрывают выступы кристаллического основания, образуя крупные складки платформенного типа. Складки юго-западного простирания резко обрываются в зоне Сангачал-Огурчинского глубинного разлома [4].



- Направление реализации "микронфти"
- Генерация УВ

Образование и генерация углеводородов в Южно-Каспийской впадине.
Выполнил К.А. Сабанаев (2013)

Формирование ЮКВ обусловлено концентрично-ступенчатым оседанием области ее развития по направлению от периферии к центру, которое связано с глубинными разломами. Подобные крупные разломы установлены в Западно-Туркменской депрессии и восточном шельфе Каспия. Формирование Каспийской впадины находится в тесной связи с механизмом развития окружающей суши, на которой оставил свой отпечаток характер глубинных разломов разных ориентировок. Перемещение земной коры по указанным выше глубинным разломам придало Каспийской впадине ее современную форму, о чем свидетельствуют как тектонический характер расположения структурных элементов, так и сейсмическая активность западного борта Каспия, Апшеронского порога и Северного Ирана. Разломы играют определяющую роль в вертикальной и латеральной миграцией УВ, с которой связано формирование залежей нефти и газа.

Проблема образования нефти, по единодушному мнению ученых, является одной из сложнейших проблем естествознания. В нашей стране гипотеза об образовании нефти первоначально в рассеянном состоянии была впервые высказана Г.П. Михайловским в начале прошлого столетия. Сходные мысли высказывал и Н.И. Андрусов: «Смесь сапропеля с глинистыми или известковистыми частицами дает начало различным битуминозным породам, в результате их взаимодействия получают сапропельные известняки и глины» [5]. Это является основой биогенной гипотезы нефтеобразования. А.Д. Архангельский полагал, и вполне справедливо, что на образование нефти идет лишь небольшая часть органики, главная масса материнского вещества идет на образование керогена и только небольшая часть превращается в нефть. Уместно привести определение Н.Б. Вассоевича, что микронефть – это наиболее миграционно способная, восстановленная и нейтральная часть автохтонных битумоидов, состоящая преимущественно из смеси УВ и растворенных в ней низкомолекулярных смол [6]. Она изменяется вместе с вмещающими породами и на стадии катагенеза достигает значительного сходства. Анализируя инфракрасные спектры поглощения ароматических УВ, В.В. Вебер с соавт. [7] пришли к выводу, что в разных районах, в том числе и в гюрджанских отложениях древнего Каспия, микронефть зарождается главным образом за счет биогенных процессов еще в осадках, причем этот процесс непрерывный. Она изменяется и пополняется на более поздних стадиях литогенеза породами, образовавшимися абиогенным путем из биогенного органического вещества.

Явление катализа играет значительную роль в стадии катагенеза [8]. Поскольку Южно-Каспийская впадина, осадочный чехол которой составляет около 40 км, находится постоянно на стадии катагенеза, залежи капельно-жидкой нефти образуются за счет дисперсной нефти, эмигрировавшей из более глубоких горизонтов по матийным разломам. Идея образования нефти за счет аккумуляции первичной «рассеянной нефти» не нова. В США одним из первых высказался Э. Ортон (1887), четко сформулировали эту мысль Э. Влюмер (1922), В.И. Вернадский (1927), И.М. Губкин, В.А. Соколов (1948) и др. Таким образом, нефть представляет собой просто гидрофобную часть жидких продуктов фоссилизации углеродистого ОВ. В субаквальных отложениях те ее гидрофобные компоненты, которые на стадии катагенеза получили возможность десорбироваться, в процессе миграции образовали скопления микронефти самого различного объема, масштабы которого будут уточнены после осуществления

подсчета генерационного потенциала УВ, который намечается провести на следующем этапе настоящих исследований. После этого, вполне вероятно, что перспективы нефтегазонасности Каспийской впадины и ее роль в формировании трансграничных зон нефтегазонакопления Каспийского мегабассейна значительно возрастут, и он займет достойное место среди подобных перспективных регионов.

На высокую величину коэффициента фоссиллизации ОВ ($C_{нк}$), которая варьирует в широких пределах от 10^{-1} до n , обратил внимание и Н.Б. Вассоевич [9]. Здесь весь разрез осадочного комплекса и породы фундамента находятся в главной фазе нефтеобразования, характеризующейся усиленной переработкой УВ пятой генерации, приводящей к значительному увеличению содержаний в породах микронепти. Широко развиваются также процессы ее десорбции, отрыва от материнского ОВ и минеральных компонентов породы и интенсивной начальной миграции путем усиленного растворения в воде и сжатых газах. В настоящее время установлено, что все осадочные породы обладают потенциальными возможностями генерировать нефть, т.е. являются потенциально нефтематеринскими. Все такого рода породы, попадая в критическую зону катагенеза, становятся собственно нефтематеринскими или нефтепроизводящими.

Вопрос о раннем (на этапе диагенеза) или позднем (катагенеза) образовании нефти обсуждался такими учеными, как Т.А. Ботнева, М.С. Бурштар, В.В. Вебер, А.М. Габрильян, О.А. Радченко, В.А. Успенский, Н.Ю. Успенская и др. Против гипотезы раннего образования нефти выступали В.А. Соколов, М.Ф. Двали, а в 1967 г. стал переломным в пользу варианта теории о позднем образовании основной массы нефти. Построено множество вариантов принципиальной схемы вертикальной зональности образования УВ по В.А. Соколову (1967), А.Э. Конторовичу, В.П. Даниловой (1973), Н.Б. Вассоевичу (1974) и др. Огромное количество фактов подтверждает жизнеспособность теории осадочно-миграционного происхождения нефти, основные положения которой являются научными истинами. Неоспоримый факт, что нефть – детище литогенеза и что ее основная масса образуется не в осадках на стадии диагенеза, а в осадочных породах на стадии катагенеза. Поскольку в Южно-Каспийской впадине ловушки сформированы в одни и те же фазы складчатости, но с разной интенсивностью их проявления на разных участках, эта зона представляет собой уникальный природный объект, где распространены ловушки разной дислоцированности. В качестве основного критерия степени дислоцированности принимаются углы наклона крыльев складок, особенно по продуктивному горизонту, диапировидного внедрения пластичных глин майкопа и проявление грязевого вулканизма. В соответствии с принятыми критериями по степени дислоцированности все локальные структуры в пределах Южно-Каспийской впадины можно разделить на три группы: интенсивно дислоцированные, с углом наклона крыльев более 15° ; среднедислоцированные – $10-13^\circ$ и слабодислоцированные – менее $6-8^\circ$. К первой группе относятся вал Аби́ха, структуры Шах-Дениз, Апшерон и др., ко второй – Зафар-Машал, Нахчыван, к третьей – цепочка структур поперечного простирания – Гюлистан-Ататюрк, Гусейнов и др. Установлено, что интенсивно дислоцированные структуры характеризуются обильными нефтегазопоявлениями на поверхности воды Каспия.

Исходя из общих положений автором была разработана рабочая схема формирования и размещения залежей УВ в пределах Южно-Каспийской впадины для структур с различной степенью дислоцированности слоев. Для интенсивно дислоцированных структур кратковременно существовали пути вертикальной миграции снизу вверх, характеризовавшиеся высокими фильтрационными свойствами, из-за чего создавались условия для сквозной миграции УВ с концентрацией основных скоплений под флюидоупорами из пластичных глин верхнего миоцена. Избыточные объемы УВ, не вместившиеся в замкнутый коллектор, образовали залежи в среднем миоцене в гранулярных коллекторах. В среднедислоцированных структурах тектонические пути восходящей миграции по фильтрационным свойствам приближаются к пересекаемым или к трещинным карбонатным коллекторам и залежи сформировались в отложениях мезозоя.

Наконец, для слабодислоцированных структур условия для восходящей миграции значительных количеств УВ минимизированы. Выявленный тип дислокаций – структуры-спутники, ступенчато погруженные относительно Шах-Денизского месторождения, объединены в самостоятельную группу ловушек.

Таким образом, Южно-Каспийский очаг генерации нефти и газа является естественным «котлом» образования УВ и формирования их залежей, в процессе которого принимают участие естественные природные условия: глубокая погруженность осадочного комплекса, геотермический градиент, оцениваемый 20–33 м/град. С, наличие транзитных мантийных глубинных разломов, рассекающих осадочные образования и фундамент, постоянное нахождение этой зоны на стадии катагенеза и др.

Следующим этапом проведения исследований является оценка генерационного потенциала каждого из выделенных нефтегазоносных комплексов, что позволит объективно оценить перспективы нефтегазоносности исследуемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиханов Э.Н. Нефтегазоносность Каспийского моря. М.: Недра, 1977. 272 с.
2. Буниат-Заде З.А., Халилбейли Ч.А., Гасанов А.Н. О последних извержениях грязевого (газо-нефтяного) вулкана о. Булла // Изв. вузов. Сер. Нефть и газ. 1968. № 1. С. 17–20.
3. Мамедов М.К., Киреев В.Ф. Балахарская свита южного крыла Карадагской складки и ее нефтеносность // Азерб. нефт. хоз-во. 1958. № 9. С. 1–3.
4. Гасанов А.Н. и др. Тектоника района Пирсагат – о. Гарасу в свете новых данных // Азерб. нефт. хоз-во. 1970. № 9. С. 7–9.
5. Андрусов Н.И. К вопросу о происхождении и залегании нефти. Ст. 2 // Тр. Бакинск. отд. Имп. Рус. техн. о-ва. 1908. Вып. 1–2. С. 1–26.
6. Вассоевич Н.Б. О присутствии альбских отложений в Северо-Восточном Азербайджане // Докл. АН СССР. 1938. Т. 21, № 8. С. 404–408.
7. Вебер В.В. Нефтеносные фации и их роль в образовании нефтяных месторождений. Л.: Гостоптехиздат, 1947. 147 с.
8. Вассоевич Н.Б. и др. Кюлюлинские песчанки Советабатского нефтеносного района (Северный Азербайджан) // Азерб. нефт. хоз-во. 1938. № 11. С. 1–5.
9. Вассоевич Н.Б. Принципиальная схема вертикальной зональности в генерации углеводородных газов и нефти // Изв. АН СССР. Сер. Геология. 1974. № 5. С. 123–135.

Поступила в редакцию 10.01.2013 г.
Принята к печати 26.06.2013 г.