

УДК 551.2.05
DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art55

ПРИРОДНАЯ ЭМИССИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЮЖНО-КАСПИЙСКОМ БАССЕЙНЕ: ДИНАМИКА, МАСШТАБЫ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Гулиев И.С., Гусейнов Д.А.,
Институт геологии и геофизики НАН Азербайджана
E-mail: i.s.guliyev@gmail.com

Аннотация. Южно-Каспийский бассейн (ЮКБ) является областью активных флюидодинамических процессов и крупных углеводородных скоплений. Масштаб флюидодинамических процессов, происходящих в ЮКБ наглядно иллюстрирует карта естественных флюидопроявлений, включающая грязевые вулканы, струйные выходы на поверхность УВ-газов, проявления нефтей, битумов, газогидратов и минеральных источников, являющихся очагами катагенной разгрузки флюидов, а также месторождения нефти и газа.

Ключевые слова: Южно-Каспийский бассейн, флюидодинамика, грязевые вулканы, субвертикальные геологические тела, углеводороды, миграция, сейсмичность.

NATURAL HYDROCARBON EMISSION IN SOUTH-CASPIAN BASIN: SCALE AND GEOECOLOGICAL ASPECTS

Guliyev I.S., Huseynov D.A.,
Geology and Geophysics Institute of National Azerbaijan Academy of Sciences
E-mail: i.s.guliyev@gmail.com

Abstract. The South Caspian Basin (SCB) is an area of active fluid-dynamic processes and large hydrocarbon accumulations. The scale of fluid-dynamic processes occurring in the SCB is clearly illustrated by a map of natural fluid manifestations, including mud volcanoes, jet outlets of hydrocarbon gases, manifestations of oils, bitumens, gas hydrates and mineral springs, which are centers of catagenic fluid discharge, as well as oil and gas deposits.

Keywords: South Caspian Basin, fluid dynamics, mud volcanos, subvertical geological structures, hydrocarbons, migration, seismicity.

С точки зрения флюидной активности в ЮКБ с грязевыми вулканами не может быть сопоставлен ни один вид флюидопроявления (рис. 1). По самым скромным подсчетам грязевыми вулканами в период извержения выносятся в атмосферу более 500

млн м^3 УВ газов, огромное количество твердой фазы и воды (Якубов А.А. и др. 1980; Якубов А.А., Али-Заде А.А., Зейналов М.М., 1971; Якубов А.А., Али-Заде А.А., Салаев С.Г. и др., 1978; Дадашев Ф.Г., 1963; Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Гусейнов Д.А., 2008; Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Белов И.С., 2002). Так, при наиболее сильных извержениях самых крупных грязевых вулканов Торагай (1947), Чигил-дениз (Кумани) (1950), Б. Кянизадаг (1950), о. Дуванный (Зенбил) (1961), М. Мараза (1970) и других выделилось порядка $10^7 - 10^8 \text{ м}^3$ газа. Количество извержений на одном вулкане (вычисленное как отношение общего объема брекчии к количеству, выделившемуся при единичном извержении) может составить нескольких тысяч. С учетом этих данных верхний предел объема газов, выделившихся на одном вулкане за всю историю его существования, может достигнуть 10^{12} м^3 . Средние значения, очевидно, на 1–2 порядка меньше. Наиболее газообильные вулканы в период грифонно-сальзовой деятельности (Дашгиль, Готурдаг, и др.) выделяют около 10^6 м^3 УВ газов в год (Гулиев И.С., 1988). Эта величина сопоставима с объемом внутриформационной миграции к очагу грязевого вулкана между извержениями (на примере вулкана Локбатан), которая оценивается в среднем 1,38 млн. м^3 газа в год (Кастрюлин Н.С., 1987). При этом удельная интенсивность внутриформационной миграции составляет в среднем от 0,5 до 1,1 тыс. м^3 газа в 1 км^3 пород в год.

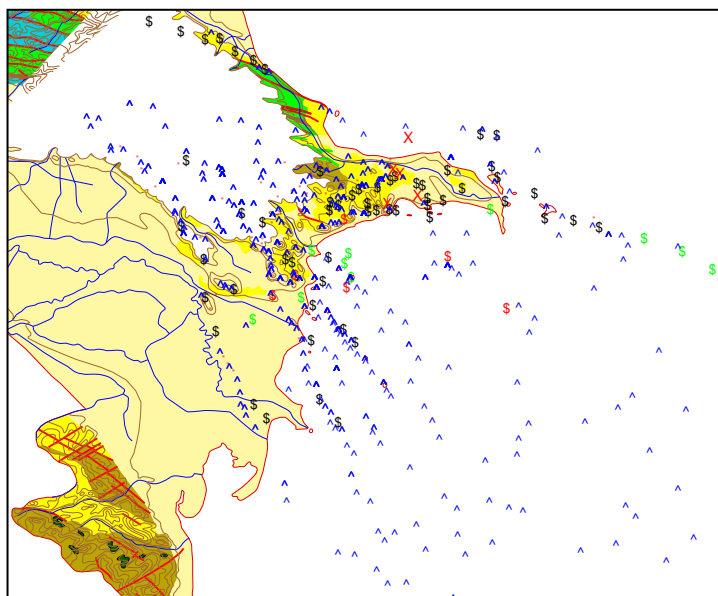


Рис. 1. Карта флюидной активности ЮКБ.

Будучи природными сверхглубокими скважинами, грязевые вулканы несут колоссальную информацию о флюидогенерационных процессах, происходящих в

глубокопогруженных горизонтах, составе флюидов, характеристике флюидогенерирующих отложений, резервуарных характеристиках пород и т.д. (Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Гусейнов Д.А., 2008; Горин В.А., Буниат-заде З.А., 1971).

Степень относительной флюидодинамической активности различных регионов Южно-Каспийской впадины можно оценить частотой извержения грязевых вулканов. Из карты частоты извержений грязевых вулканов видно, что наиболее флюидоактивный участок располагается в пределах центрального Апшерона и прилегающей южной акватории (рис. 8.2). Важно подчеркнуть, что этот участок локализуется в пределах зоны отрицательной гравитационной аномалии, очерченной изогаллой -110 мгал и включающей все месторождения нефти и газа (рис. 3, рис. 4). Именно эта зона характеризуется максимальной мощностью осадочного выполнения достигающего 30–32 км (рис. 5, рис. 6). Статистика сейсмических данных за период 1973–2009 гг. показывает, что происходящие в регионе Южного Каспия землетрясения по глубине очага четко обособляются в две группы: первая - до 15 км (мелкофокусные) с резко выраженной частотой 10 км, и вторая - от 20 км до >70 км с явной частотой 34 км.

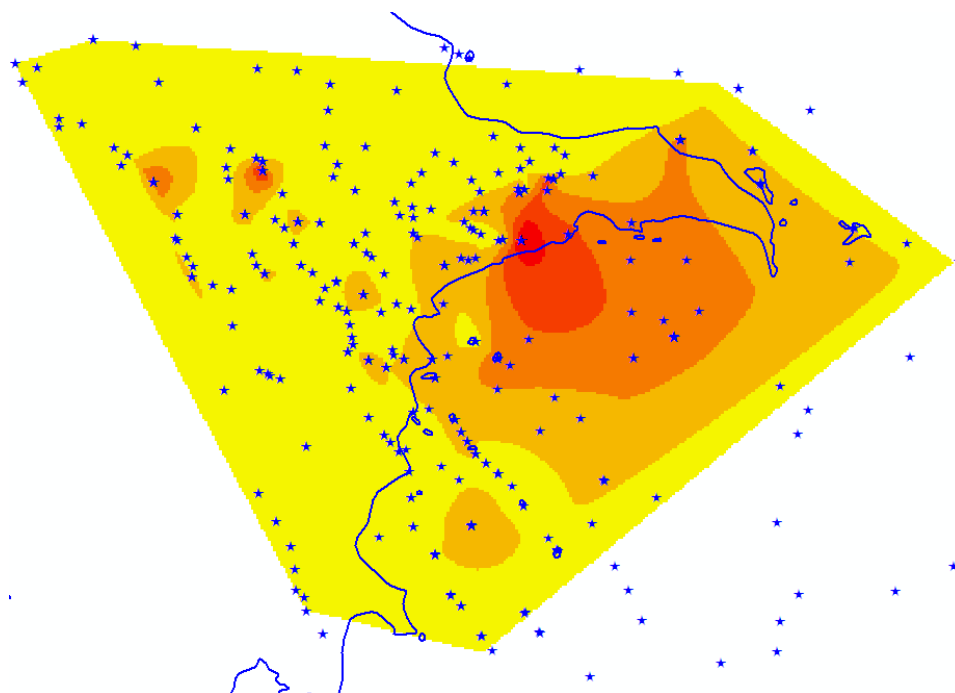


Рис.1 Карта-схема распределения грязевых вулканов Азербайджана.

Чрезвычайно важно то, что абсолютно все мелкофокусные землетрясения расположены исключительно в пределах зоны гравитационного минимума и флюидоактивного участка, в частности (рис. 4). Именно эти глубины как было отмечено

выше по изотопно-геохимическим данным и бассейновому моделированию соответствуют интервалам интенсивной флюидогенерации в палеоген-нижнемиоценовых отложениях. Это свидетельствует о том, что флюидодинамические (флюидогенерационные) процессы являются одним из главных механизмов мелкофокусной сейсмичности. В таком случае, энергию и мощность флюидогенерирующих процессов в очаге будет характеризовать сила мелкофокусного землетрясения.

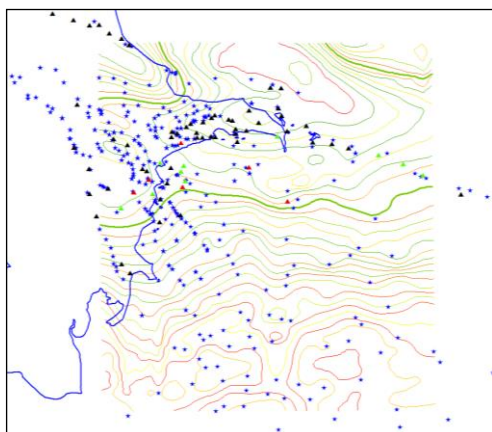


Рис. 3. Пространственное соотношение гравитационного минимума с нефтегазовыми месторождениями и грязевыми вулканами.

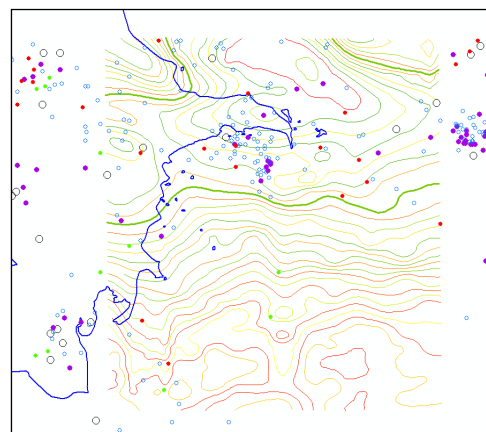


Рис. 4. Пространственное соотношение гравитационного минимума с очагами мелкофокусных землетрясений. Мелкофокусные землетрясения обозначены красными кружками.

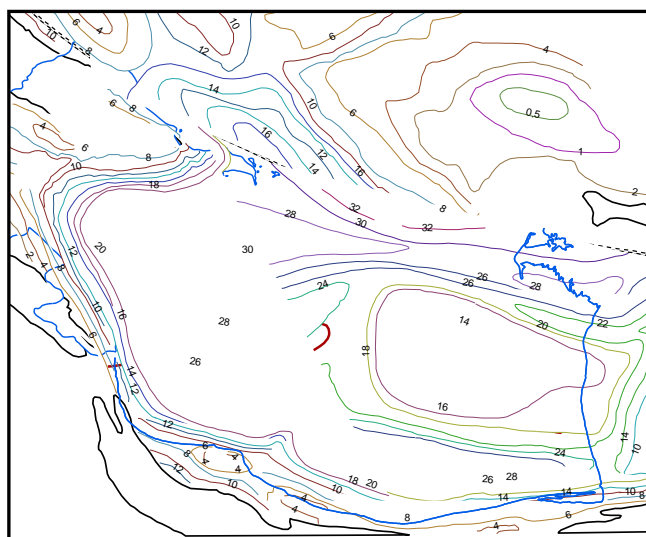


Рис. 5. Схема рельефа поверхности фундамента ЮКВ (Мамедов П.3., 2008)

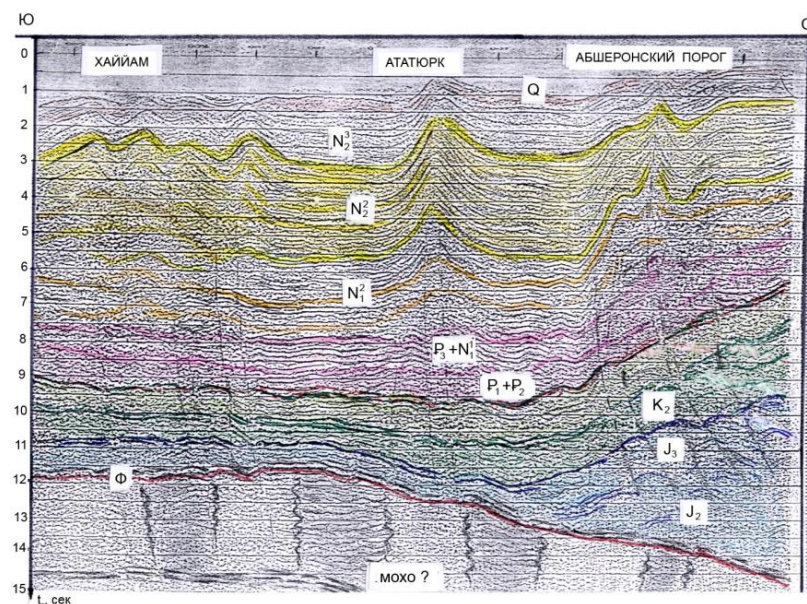


Рис. 6. Временной разрез вкост ЮКВ (западная часть)
в интерпретации П.З. Мамедова (Мамедов П.З., 2008)

Анализ статистики таких сейсмособытий показывает, что для них характерны магнитуды с медианными значениями от 3.5 до 5.1 с максимальной частотой $M=4.5$, что является весьма аномально высокой магнитудой для землетрясений столь малых глубин. Следовательно, если эта сейсмичность вызвана флюидогенерационными процессами, то последние при фазовых превращениях должны сопровождаться выделением колоссальной энергии, динамическими эффектами, разуплотнением и псевдосжижением вещества в очаге и т. д. В геологическом масштабе времени это будет способствовать выдавливанию флюидов и вещества в псевдосжиженном состоянии в наиболее ослабленные и проницаемые участки вмещающей среды, формированию диапировых структур, тел различной морфологии, наиболее часто встречаемые среди которых являются столбообразные субвертикальные тела различных размеров. Частным случаем таких тел являются грязевые вулканы и, вероятнее всего, диапиры. Иными словами мелкофокусная сейсмичность в осадочном чехле ЮКВ это проявление спонтанного возбуждения и разуплотнения подземной среды и наличия специфических очагов «возбуждения», в которых происходят процессы, идущие с большими скоростями (фиксируемыми в реальном масштабе времени) и сопровождающиеся значительными динамическими эффектами. Происходящие при этом колоссальное увеличение объема и повышение давления приводят к значительным деформациям осадочных пород, разуплотнению вещества и развитию конвективных (адвективных) процессов. Выделение и миграция

значительных объемов газов (паров) по крутопадающим разрывным нарушениям при «возбуждении» подземной среды формируют субвертикальные каналы и специфические породные ассоциации, известные под общим названием флюидизаты (брекчия, туффизиты, и др.). Масштабы этого процесса, как показали геофизические и геохимические исследования осадочного чехла, особенно, в мировом океане, весьма значительны. Обнаружено огромное количество субвертикальных геологических тел (СГТ) и приуроченные к ним многочисленные естественные выделения газов и скоплений углеводородов. Так, например, большинство высокодебитных нефтедобывающих скважин и газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений на севере Западной Сибири, приурочены к очагам повышенной концентрации таких столбообразных тел, именуемыми авторами субвертикальными зонами деструкции (СЗД) (Бембель Р.М., Гулина В.Ф., Кузнецов В.И., 1987; Бембель Р.М., Бембель С.Р., Мегеря В.М., 2001; Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель М.Р., 2002; Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р., 2001; Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р., 2003; Мегеря В.М., 2009). Поперечные размеры локальных очагов высокодебитных скважин часто не превышают нескольких сотен метров и отделены друг от друга гидродинамически непроницаемыми породами (баженитами), сохранившими первичное строение глинистых осадков. Результаты испытания скважин, как правило, зависят от попадания или непадания в субвертикальные зоны деструкции. На сейсмических разрезах удастся проследить глубинные корни СЗД, приуроченных к поднятиям или выступам палеозойского фундамента и уходящие глубоко в него (14 км и более). Аналогичные тела в последнее время в большом количестве и различных размеров выявлены в Южно-Каспийской впадине, причем часть из них на дне моря венчается крупными грязевыми вулканами (Гулиев И.С., Мамедов П.З., 2003; Гулиев И.С., Алиева Э.Г., Гусейнов Д.А. и др., 2005 Guliyeв I.S., Huseynov D.A., 2015).

Современные методы сейсморазведки в сочетании с гравиметрическими методами картирования могут уверенно фиксировать субвертикальные тела с размерами от 100 м и более. По материалам сейсморазведки эти образования объединены в три группы (Гулиев И.С., Мамедов П.З., 2003): 1) крупные СГТ диаметром от 3–4 км до 10 км и высотой от 8–10 км до 20 км, не имеющие видимых «корней» и секущие весь осадочный чехол до условного фундамента. Они обычно приурочены к контактным зонам глубинных разломов, пересекающих Южно-Каспийскую плиту на крупные блоки; 2) СГТ диаметром

от нескольких сот метров до километра и высотой в несколько километров, приуроченные к верхней части осадочного чехла (обычно кайнозойского возраста). Характерной особенностью таких СГТ является наличие видимых «корней». В ряде случаев наблюдается их отчетливая связь с брахиантиклинальными структурами, реже с синклиналями и разломами; 3) СГТ диаметром от нескольких метров и более и высотой до километра встречаются на всех уровнях разреза, особенно в верхней его части, образуя геологические тела причудливой формы. Во многих случаях это образования полигенного генезиса и связаны с разнообразными физико-химическими процессами, в частности с миграцией углеводородов, разложением газогидратов, проседаниями и экзогенными процессами. Большинство таких тел имеют размеры на пределе точности и разрешающей способности применяемых методов.

Независимо от размеров и генезиса СГТ представляют собой сложные геологические тела и являются зонами выхода на поверхность флюидов и разуплотненного осадочного материала.

Наиболее часто идентифицируемая форма – это цилиндрические трубки с размытыми, реже четкими боковыми границами. На разных уровнях разреза эти тела могут иметь эллиптическую, W-образную или двухгорбовую и неправильную формы. Часто СГТ имеют промежуточные камеры.

Судя по сейсмическим данным, основное количество СГТ связано с кайнозойским комплексом отложений, хотя некоторые, наиболее крупные, секут весь осадочный чехол, уходя корнями в фундамент.

Возможность нефтегазонакопления непосредственно в СГТ (глинистых, нефтегазоматеринских телах, выдавленных из очага флюидогенерации) подтверждаются многочисленными примерами из различных нефтегазоносных бассейнов мира. В качестве примера можно отметить скопления нефти в непроницаемых тонкозернистых богатейших по потенциалу нефтематеринских глинистых породах баженовской свиты Западной Сибири, свите Бакен Уиллистонского бассейна, формации Монтеррей Калифорнийских бассейнов, свите Ля Луна в Маракайбо, киммириджских «глинах» Североморского бассейна и др. В Западно-Сибирском бассейне такие резервуары в баженовской свите были открыты еще в семидесятые годы прошлого столетия с дебитами нефти в разведочных скважинах 1700 м³/сутки. По прогнозам специалистов общая сумма потенциальных ресурсов нефти в таких резервуарах Западной Сибири оценивалась в

6х10⁹ т (Нестеров И.И., 1987). Детально этой проблемой занимались (Конторович А.Э., Данилова В.П., Костырева Е.А. и др., 1999; Kontorovich A.E., 1984; Гурари Ф.Г. Вайц Э.Я., Меленевский В.Н. и др., 1988) и многие другие ученые, но до сих пор не определены механизмы формирования залежей в баженовской свите, и собственно, ловушки, механизмы и масштабы первичной миграции нефти внутри самой нефтематеринской толщи и т.д. Однако достоверно установлено, что огромные скопления нефти в залежах интентные и сингенетичны с битумоидами органического вещества самой баженовской свиты (Лопатин Н.В., Емец Т.П., Симоненкова О.И., Эрбен Ж.П., 1998; Лопатин Н.В., Зубайраев С.Л., 2000; Лопатин Н.В., Зубайраев С.Л., 2002; Lopatin N.V., Zubairaeve S.L., Kos et al., 2003).

В связи с вышеизложенным возникает вопрос, как велика вероятность формирования такого типа залежей углеводородов в Южно-Каспийском бассейне? Это авторами статьи рассмотрено на конкретных примерах из трехмерного бассейнового моделирования истории прогибания обширной территории на севере ЮКВ, процессов нефтегазобразования, распределения во времени поровых давлений, и как результат последнего – поля распространения эффективного стресса и связанного с ним гидроразрыва пород. При моделировании функционирования углеводородной системы системы четко вырисовывается столбообразно-вертикальный характер и куполообразное внедрения вверх разуплотненной флюидогенерирующей и флюидопроводящей массы (рис. 7) и, что очень важно, вертикально унаследованный характер флюидопотока с миоценового времени по настоящее время.

Крайне важно отметить, что пространственно палеоген-миоценовые вертикальные зоны флюидопотока в точности проецируются на богатейшие и старейшие плиоценовые структуры Бибийэбат, Балаханы-Сабунчи-Раманы, Сураханы, Гала, Нефт, Дашлары-Палчыг, Пилпиляси. Если принять во внимание, что практически все нефтегазоносные структуры исследуемой территории в существенной степени осложнены крутопадающими разрывными нарушениями, достигающих низов ПТ, то механизм вертикальной миграции углеводородов при заполнении этих структур проявляется весьма убедительно. Это, по нашему мнению, объясняет неистощаемость данных месторождений за более чем вековой период их разработки и является весьма весомым доказательством их подпитки, главным образом нефтью, в реальном масштабе времени из прилегающих локальных прогибов и делает необоснованным утверждения о дистально-латеральной миграции флюидов из

центральной части ЮКВ. Следует отметить, что механизм вертикальной миграции по разрывам и заполнение резервуаров нами показано на примере месторождения Гюнешли с применением высокоинформативных изотопно-биомаркерных технологий, а также барическими условиями на месторождениях Бакинского архипелага (Huseynov D.A., 2003; Huseynov D.A., 2012). Это также нами подтверждено данными гидрохимических исследований.

Таким образом, трехмерное бассейновое моделирование показало существование условий и их глубинно-латеральные ареалы распространения, при которых непроницаемые глинистые нефтематеринские породы палеоген-миоцена ЮКВ имеют очень высокие флюдопроводящие и коллекторские возможности. Следовательно, вполне оправданным является: 1) специальное геолого-геофизическое исследование вертикально направленных зон в палеоген-миоценовых отложениях на вышеотмеченных структурах на предмет возможности вовлечения их в разработку, и 2) возможность обнаружения нефтегазовых скоплений в зоне динамического влияния субвертикальных геологических тел (СГТ), выявленных сейсморазведкой в ЮКВ. Можно утверждать, что СГТ являются зонами повышенной проницаемости, пористости и низких относительно окружающих пород давлений (рис. 7). Это обеспечивает постоянный подток УВ из окружающего пространства. В случае приуроченности к ним грязевых вулканов периодические извержения активизируют процесс подтока. Процессы формирования и развития СГТ можно уподобить гигантской помпе, выкачивающей водно-углеводородный флюид, рассольную и брекчированную массу из осадочных пород, что в геологическом масштабе времени должно стать причиной гравитационного проседания обширных территорий и формирования отрицательных форм рельефа, а также соленых и битумных озер.

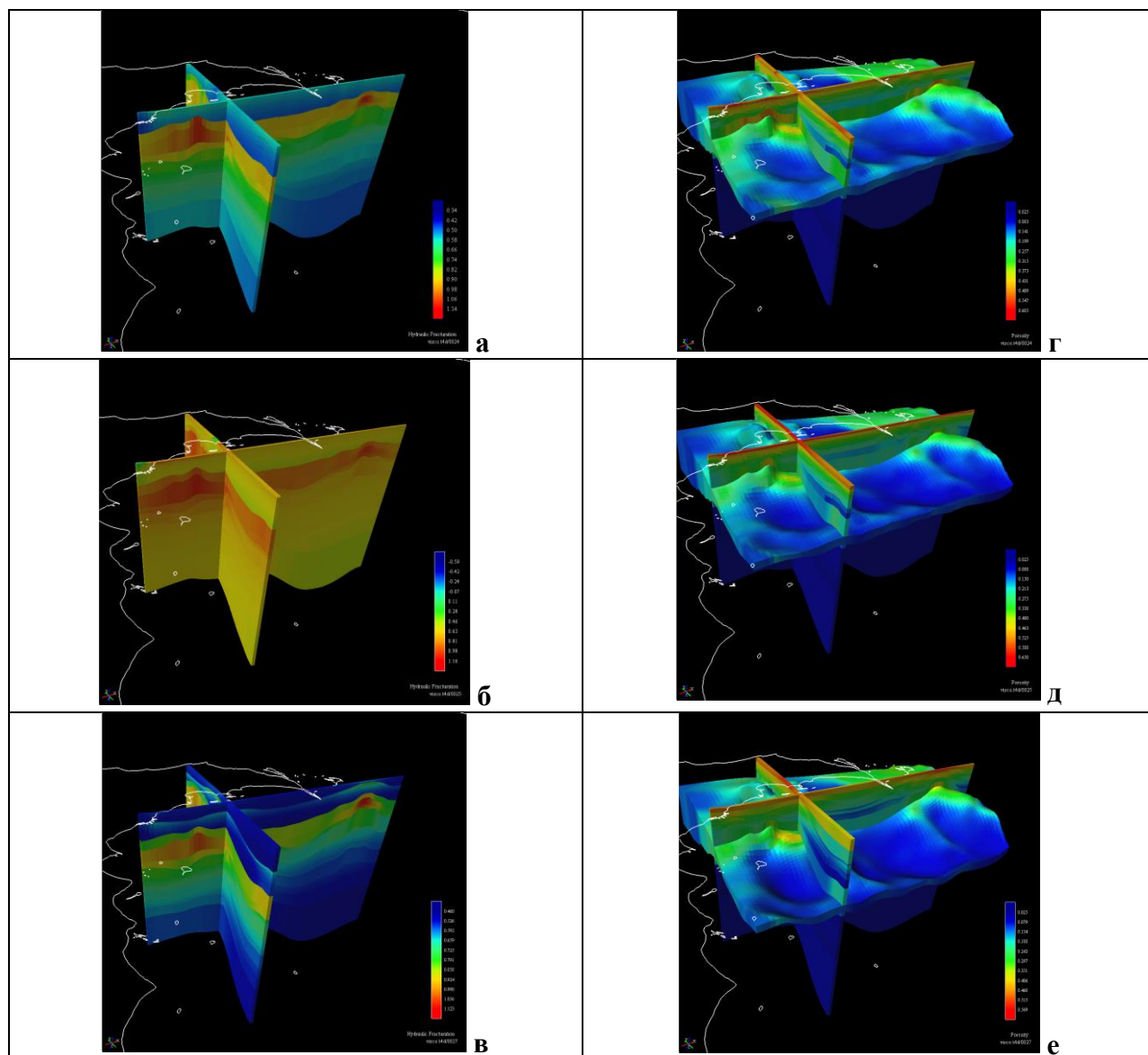


Рис. 7. Трехмерная модель развития гидроразрывов (а, б, в) и изменения пористости (г, д, е) палеоген миоценовых и плиоценовых отложениях : а, г – 3.5 млн.лет; б, д – 1.8 млн.лет; в, е – настоящее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Белов И.С.* Каталог зафиксированных извержений грязевых вулканов (1810-2001 г.г.) (на русск. и англ. языках). Баку: Nafta-Press, 2002, 94 с.
2. *Бембель Р.М., Бембель С.Р., Мегеря В.М.* Геосолитонная природа субвертикальных зон деструкции / Геофизика, спецвыпуск ЕАГО. Тверь: Герс, 2001, с. 36–50.
3. *Бембель Р.М., Гулина В.Ф., Кузнецов В.И.* Модель формирования и система поисков зон коллекторов в верхнеюрских битуминозных глинах Большого Салыма / Кн. Математические методы прогнозирования нефтегазоносности Западной Сибири. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1987, с. 30–65.
4. *Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель М.Р.* Геосолитонные трубки дегазации и месторождения газа на севере Западной Сибири / Материалы межд. конф. памяти акад. П.Н.Кропоткина. Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. М.: ГЕОС, 2002, с. 318-319.
5. *Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р.* Геосолитонная концепция образования месторождений углеводородов. // Геофизика, спецвыпуск ЕАГО. Тверь: Герс, 2001, с. 50–53.
6. *Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р.* Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов. Тюмень: Вектор Бук, 2003, 344 с.
7. *Горин В.А., Буниат-заде З.А.* Глубинные разломы, газонефтяной вулканизм и залежи нефти и газа западного борта Южно-Каспийской впадины. Б.: Азернешр, 1971, 192 с.
8. *Гулиев И.С.* Газовый режим Альпийских межгорных впадин: Дис. докт. геол.-минер. наук. Москва, 1988, 326 с.
9. *Гулиев И.С., Алиева Э.Г., Гусейнов Д.А. и др.* Углеводородные системы неравновесных бассейнов: возможности совершенствования поисков залежей нефти и газа // Изв. НАН Азербайджана, Науки о Земле, 2005, № 2, с.3–23.
10. *Гулиев И.С., Мамедов П.З.* Субвертикальные геологические тела в осадочном чехле Южно-Каспийской впадины // Изв. НАН Азербайджана, Науки о Земле, 2003, № 3, с.139–146.

11. *Гурари Ф.Г. Вайц Э.Я., Меленевский В.Н. и др.* Условия формирования и методика поиска залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты. М.: Недра, 1988, 130 с.
12. *Дадашев Ф.Г.* Углеводородные газы грязевых вулканов Азербайджана. Баку: Азернешр, 1963, 67 с.
13. *Кастрюлин Н.С.* Интенсивность внутриформационной миграции углеводородного газа в зонах грязевулканической деятельности (на примере Локбатана). Изв. Ан Азерб.ССР, сер. науки о Земле, 1987, № 4, с.15–22.
14. *Конторович А.Э., Данилова В.П., Костырева Е.А. и др.* Нефтематеринские формации Западной Сибири: старое и новое видение проблемы / Органическая геохимия нефтепроизводящих пород Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999, с. 10–12.
15. *Лопатин Н.В., Емец Т.П., Симоненкова О.И., Эрбен Ж.П.* Баженовская нефтяная генерационно-аккумуляционная система на западе Хантейской антеклизы // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений, 1998, № 5, с. 2–28.
16. *Лопатин Н.В., Зубайраев С.Л.* Нефтяные генерационно-аккумуляционные системы: логика, концепции и ее применение в поисково-разведочных работах// Геоинформатика, 2000, № 3, с. 67–82.
17. *Лопатин Н.В., Зубайраев С.Л.* Природные резервуары в кремнисто-глинистых нефтематеринских толщах как перспективный источник коммерческой нефтеносности // Геоинформатика, 2002, № 4, с. 8–27.
18. *Мамедов П.З.* Глубинное строение и тектоническая эволюция Южно-Каспийской мегавпадины / Геология Азербайджана, т.7. Баку: Nafta-Press, 2008, с. 6–103.
19. *Мегеря В.М.* Поиск и разведка залежей углеводородов, контролируемых геосолитонной дегазацией земли. М.: Лотус Станди, 2009, 256 с.
20. *Нестеров И.И.* Нефтегазоносность глинистых пород Западной Сибири. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1987, 256 с.
21. *Якубов А.А. и др.* Грязевой вулканизм Советского Союза и его связь с нефтегазоносностью. Баку: Элм, 1980 165 с.
22. *Якубов А.А., Али-Заде А.А., Зейналов М.М.* Грязевые вулканы Азербайджанской ССР. Баку, 1971, 256 с.
23. *Якубов А.А., Али-Заде А.А., Салаев С.Г. и др.* Грязевые вулканы нефтегазоносных областей Азербайджанской ССР. Баку: 1978, 395 с.

24. *Guliyev I.S., Huseynov D.A.* Relics of Mud Volcanoes in the Sedimentary Cover of the South Caspian Basin. *Lithology and Mineral Resources*, 2015, Vol. 50, No. 4, pp. 311–321.
25. *Huseynov D.A.* Integrated geochemical analysis of oils – application to reservoir infill on Caspian shelf / EAGE 65th Conference & Exhibition, Stavanger, Norway, 2003, on CD.
26. *Huseynov D.A.* *Lithofacies* constraints of overpressure in the Pliocene-Quaternary succession of the South Caspian sedimentary basin. *atigraphy and sedimentology of oil-gas basins*, Baku, Nafta-Press, 2012, No.1, pp.37–51.
27. *Kontorovich A.E.* Geochemical methods for the quantitative evaluation of the petroleum potential of sedimentary basins // *AAPG Memoirs*, 1984, v.35, p. 79–109.
28. *Lopatin N.V., Zubairaeв S.L., Kos et al.* Unconventional oil accumulations in the Upper Jurassic Bazhenov black shale formation, West Siberian basin : a self-sourced reservoir system // *Journal of Petroleum Geology*, 2003, v.26, p. 225–244.