

УДК 551.311.8

DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art59

ГРЯЗЕВОЙ ВУЛКАНИЗМ И СВЕРХГЛУБОКИЕ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СИСТЕМЫ

Керимов В.Ю.^{1,3}, Гулиев И.С.², Осипов А.В.¹, Мустаев Р.Н.^{1,3}, Данцова К.И.¹
1 – РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина; 2 – Институт нефти и газа НАНА;
3 – МГРИ–РГГРУ
E-mail: vagif.kerimov@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты изучения сверхглубоких углеводородных систем. Выявлены особенности условий формирования нефтегазоносности в глубокопогруженных горизонтах недр. Показано, что важным фактором формирования сверхглубоких углеводородных систем являются геофлюидодинамические процессы. Одним из наиболее ярких проявлений этих процессов является грязевой вулканизм – прямое подтверждение наличия углеводородных систем на больших глубинах земной коры.

Ключевые слова: геофлюидодинамика, грязевой вулканизм, катагенез, перспективы, прогноз, сверхглубокие углеводородные системы, углеводороды, Южно-Каспийская впадина.

MUD VOLCANISM AND ULTRA-DEEP HYDROCARBON SYSTEMS

Kerimov V.Yu.^{1,3}, Guliyev I.S.², Osipov A.V.¹, Mustayev R.N.^{1,3}, Dantsova K.I.¹
1 – Gubkin Oil and Gas University; 2 – Oil and Gas Institute of NAAS;
3 – Russian State Geological Prospecting University
E-mail: vagif.kerimov@mail.ru

Abstract. The results of the study of ultra-deep hydrocarbon systems are given. The features of the conditions for the formation of petroleum in the deep-lying horizons of the subsoil are identified. It is shown that geofluidodynamic processes are an important factor in the formation of ultra-deep hydrocarbon systems. One of the most striking manifestations of these processes is mud volcanism – a direct confirmation of the presence of hydrocarbon systems at great depths of the earth's crust.

Keywords: geofluidodynamics, mud volcanism, catagenesis, prospects, prediction, ultra-deep hydrocarbon systems, hydrocarbons, South Caspian Trough.

Введение

Исследование сверхглубоких углеводородных систем (СГУС) имеет большое значение для совершенствования фундаментальных основ прогноза нефтегазоносности больших глубин земной коры и изучения процессов генерации, миграции и аккумуляции углеводородов (УВ). Основным отличием условий формирования сверхглубоких генерационно–аккумуляционных углеводородных систем от обычных (неглубоких) является различие в онтогенезе УВ и геофлюидодинамических процессах, связанных с жесткими (т.е. с высокими показателями) термобарическими условиями и физическими свойствами пород и флюидов. Эти факторы обуславливают сложные массообменные процессы и, как следствие, специфические условия фазовых переходов и выделения углеводородов в свободную фазу. Динамические процессы в подземной среде и формирование СГУС могут быть поняты и объяснены только в рамках общей теории энерго– и массообмена на основе базовых представлений о кинетике фазовых переходов. Общим для сверхглубоких впадин являются очень высокая скорость погружения, большая мощность осадочного чехла, низкий тепловой поток, высокие давления и значительный этаж нефтегазоносности.

Результаты и обсуждение

С целью анализа закономерностей изменения с глубиной степени катагенеза органического вещества (ОВ) пород были изучены разрезы глубоких и сверхглубоких скважин, находящихся в различных нефтегазоносных провинциях (НПП) России: 1–Колвинская, Тимано-Печорская, 1–Верхняя Сочь и др. в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, Тюменская СГ–6, Ен–Яхинская СГ–7 в Западно-Сибирской НПП и ряд скважин зон надвиговых дислокаций востока Русской платформы. Данные исследования позволили выявить, что разность мощностей катагенетических зон связана со скоростью генерации УВ, которая зависит от типа керогена, градиента изменения температуры, давлений, литологического состава, гидрогеологических условий вмещающих толщ, скорости осадконакопления и др.

На примере Южно–Каспийской впадины (ЮКВ), которая характеризуется высокими и сверхвысокими скоростями осадконакопления, было изучено влияние скоростей прогибания и осадконакопления на кинетику процессов генерации УВ. По результатам вышеописанных исследований обоснована нижняя граница существования нефти (deadline по нефти): для палеозойских отложений древних платформ – 4–4,5 км; для

мезозойских отложений молодых платформ – 5,5–6 км; для кайнозойских отложений переходных и складчатых территорий – 6,5–7 км.

Для исследования флюидодинамических процессов в СГУС Южно–Каспийской впадины проводились многолетние наблюдения с использованием результатов аэрокосмических, сейсмических и геохимических съемок, позволяющих достаточно четко фиксировать очаги современной разгрузки углеводородов на морском дне. Одним из наиболее ярких проявлений разгрузки является ее взрывная разновидность – грязевой вулканизм – прямое подтверждение наличия углеводородных систем на больших глубинах земной коры. На рис. 1 показана модель грязевулканического комплекса и дано изображение каналов подачи грязевого вулкана в районе месторождения Азери.

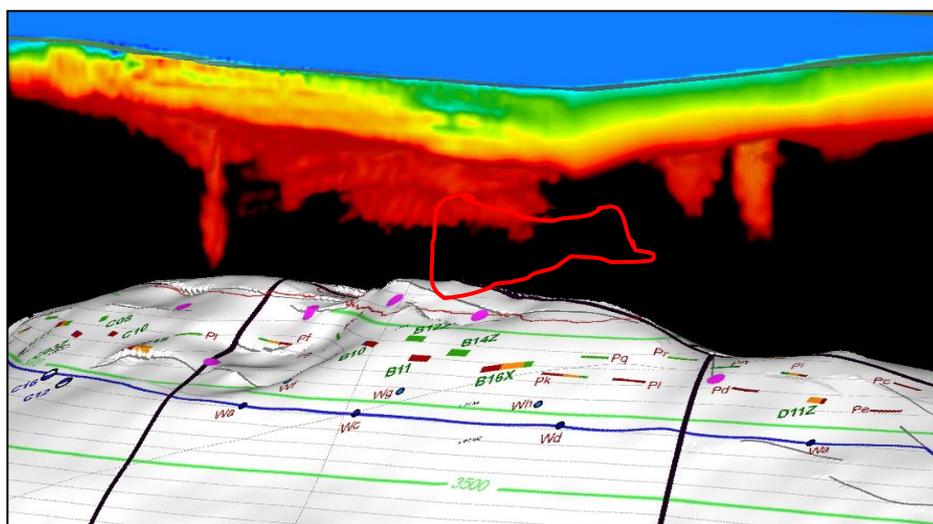


Рис. 1. Изображение каналов подачи грязевого вулкана.

Красная область является «активной вентиляционной зоной», где грязь в настоящее время разрывается на поверхности, образуя грифоны, сальзы и насыпи.

Результаты исследований позволили изучить СГУС (рис. 2) и их связь с грязевым вулканизмом. На общем фоне обширного нефтяного шлейфа были выделены многочисленные, самостоятельные, сгустковые образования с высокой спектральной яркостью, маркирующие проекции на поверхность очагов загрязнения.

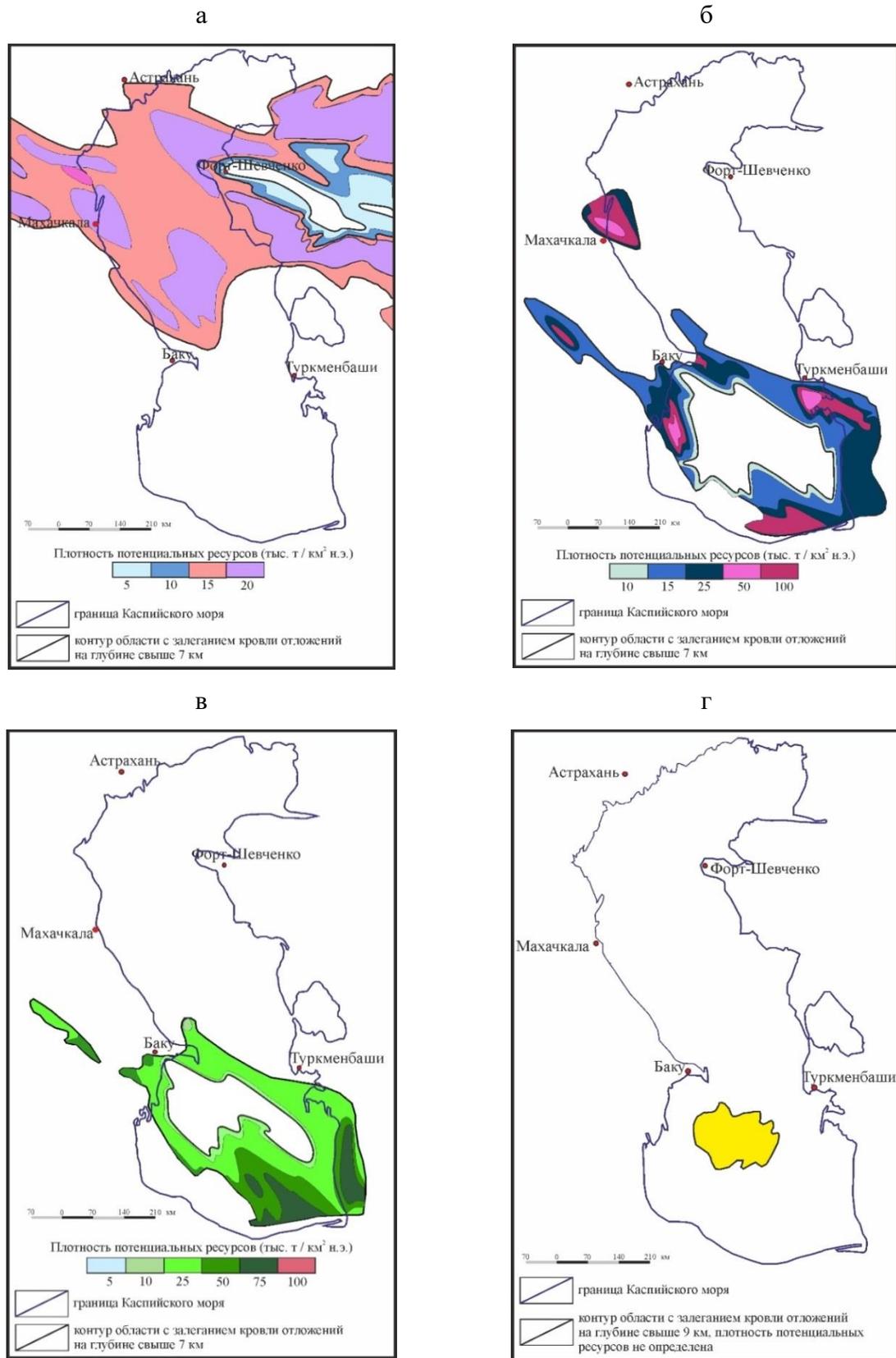


Рис. 2. Ареалы распространения сверхглубоких углеводородных систем в акватории Каспийского моря: а – нижнепермско–триасового возраста; б – юрского возраста; в – мел–эоценового возраста; г – олигоцен–миоценового возраста.

Пространственное размещение всех вышеописанных ступковидных образований сликов на поверхности воды в точности совмещаются с линейными структурами на дне и их пересечениями, что указывает, с одной стороны, на проницаемость последних, а, следовательно, возможное их соответствие разрывным нарушениям, а с другой – на естественную природу самих нефтяных пятен. Структурный анализ показывает, что эти очаги подводной разгрузки являются морскими сателлитами грязевых вулканов, в купе с которыми составляют флюидодинамическую систему. Анализ геологических событий в регионе за последние два столетия показывает, что причина одновременного возникновения нефтяных пятен на столь обширном пространстве, связана с сейсмической и грязевулканической активизацией конца 2000 – начала 2001 гг., в течение которой произошла серия сильных землетрясений. Установлено, что землетрясения играют роль «спускового механизма» в грязевулканическом процессе. Важную роль здесь играют магнитуды землетрясения, глубины очага, энергетического класса, расстояния между эпицентром и вулканом. Таким образом, показателем геофлюидодинамической активности региона является постоянная утечка огромных объемов углеводородных флюидов в юго-западной части Южного Каспия вследствие высокой проницаемости разрывных структур, особенно в местах локализации каналов грязевых вулканов, а возможно, частично и, ненадежности покрышек. Степень относительной флюидодинамической активности региона можно оценить частотой извержения грязевых вулканов (рис. 3).

Чрезвычайно важно то, что абсолютно все мелкофокусные землетрясения расположены исключительно в пределах геофлюидодинамически активных зон. Это свидетельствует о том, что геофлюидодинамические (флюидогенерационные) процессы являются одним из главных механизмов мелкофокусной сейсмичности. Энергия и мощность флюидогенерирующих процессов в очаге будет характеризовать силу мелкофокусных землетрясений и грязевых вулканов.

На основе изучения активных динамических явлений, являющихся отличительной особенностью осадочной оболочки сверхглубоких бассейнов, было сформулировано положение о спонтанном возбуждении и разуплотнении подземной среды и наличии в осадочных бассейнах специфических очагов «возбуждения» [2]. Под очагами «возбуждения» понимаются определенные объемы осадочного чехла, в которых происходят процессы образования углеводородов с большими скоростями и

сопровождающиеся значительными динамическими эффектами. Эти очаги, как показали сейсмические исследования, распределены дискретно, не по всему объему и характеризуются значительной пространственно–временной изменчивостью. Наиболее характерным примером возбужденных процессов и дегазации является грязевой вулканизм, а также сгустковых образований сливок на поверхности воды, очаги подводной разгрузки и пузырьковые вспышки, являющиеся морскими сателлитами грязевых вулканов. Газовые вспышки высотой 1300 м имели место одновременно на вулканах Двуреченский, Безымянный и Водяницкого на глубине 2080 м на Черном море (рис. 4).

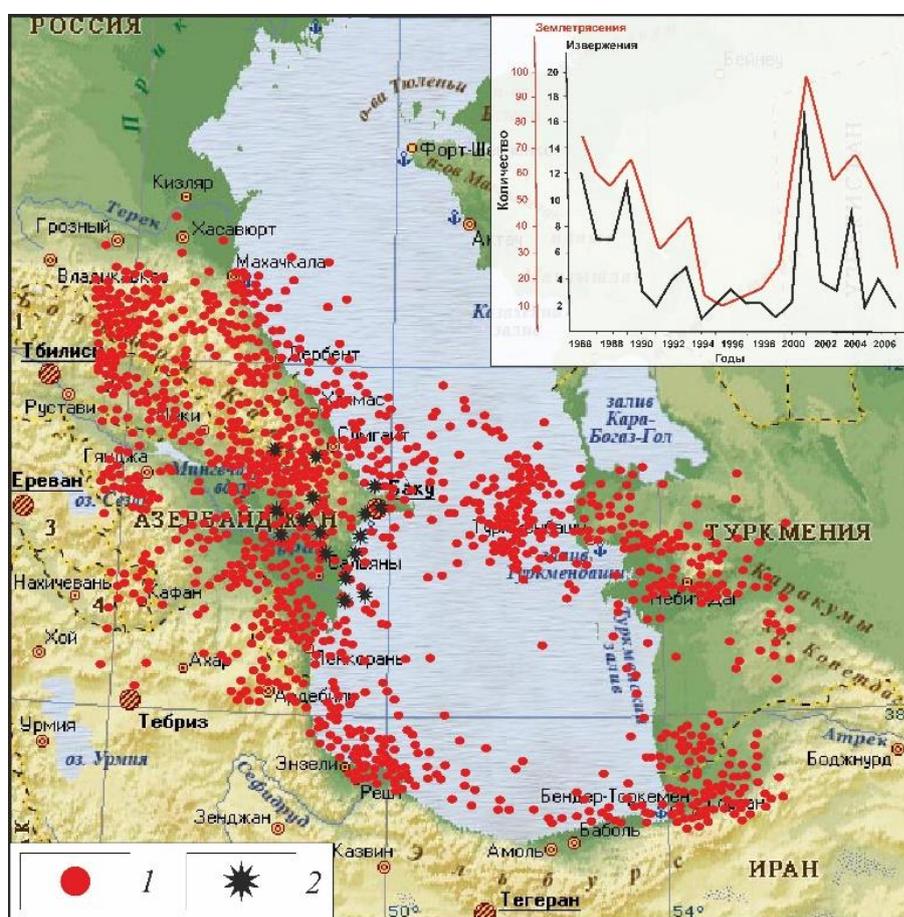


Рис. 3 – Карта расположения грязевых вулканов и эпицентров землетрясений в Каспийском море и зависимость извержений грязевых вулканов от землетрясений [по материалам 1]. Условные обозначения: грязевые вулканы: 1 – эпицентры землетрясений, 2 – грязевые вулканы.

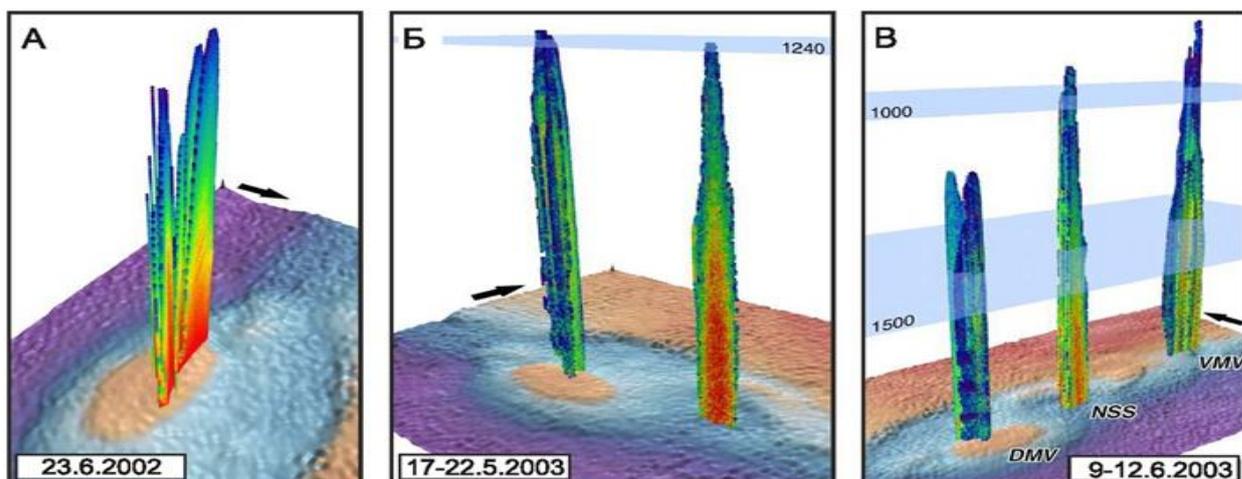


Рис. 4. Трехмерное изображение пузырьковых вспышек на эхограмме на грязевом вулкане Двуреченский (в разные периоды: А, Б, В).

В процессах генерации УВ в СГУС весьма вероятна роль процессов дегазации Земли и воздействия биогенного ОВ, рассеянного в осадочных породах, на путях движения с H_2 или CH_4 . Донные отложения обогащены сульфидами и покрыты газогидратами. Адиабатическое расширение при дросселировании газовых струй вызывает резкое понижение температуры морской воды, что приводит к образованию кристаллогидратов. В районе Ракушечной структуры наблюдаются грифоны высоконапорных вод. Гидровулканизм – типичное явление для Каспийского моря.

В отличие от традиционных, сверхглубокие углеводородные системы характеризуются специфическими структурными особенностями каналов и зон миграции флюидов. Результатами комплексного изучения шельфа мирового океана сейсмическими методами и сверхглубоким бурением выявлены значительные субвертикальные и субгоризонтальные геологические тела, фиксируемые на сейсмических и акустических профилях как зоны потери информации и сложенные в значительной степени разуплотненными горными растворами. Такие тела в большом количестве и различных размеров выявлены в Каспийском, Охотском, Баренцевом, Черном и других морях, причем большинство из них на поверхности связаны с крупными грязевыми вулканами фокусированными интенсивными выходами углеводородов (рис. 5).

Заключение

Таким образом, фундаментальным базисом формирования и размещения сверхглубоких углеводородных систем являются геофлюидодинамические процессы, одним из главных результатов которых является факт обязательной пространственной

ассоциации зон нефтегазонакопления и скоплений углеводородов, исключительно с ареалами и пунктами разгрузки (дренажа) субрегиональных гидро(флюидо)динамических систем. Наиболее ярким проявлением этих процессов является дегазация и грязевой вулканизм – прямое подтверждение наличия углеводородных систем на больших глубинах земной коры. Отличительной особенностью сверхглубоких углеводородных систем является значительная активность динамических явлений, приводящих к спонтанному возбуждению и разуплотнению подземной среды и наличие специфических очагов «возбуждения», в которых происходят процессы генерации и миграции углеводородов с большими скоростями и сопровождающиеся значительными динамическими эффектами.

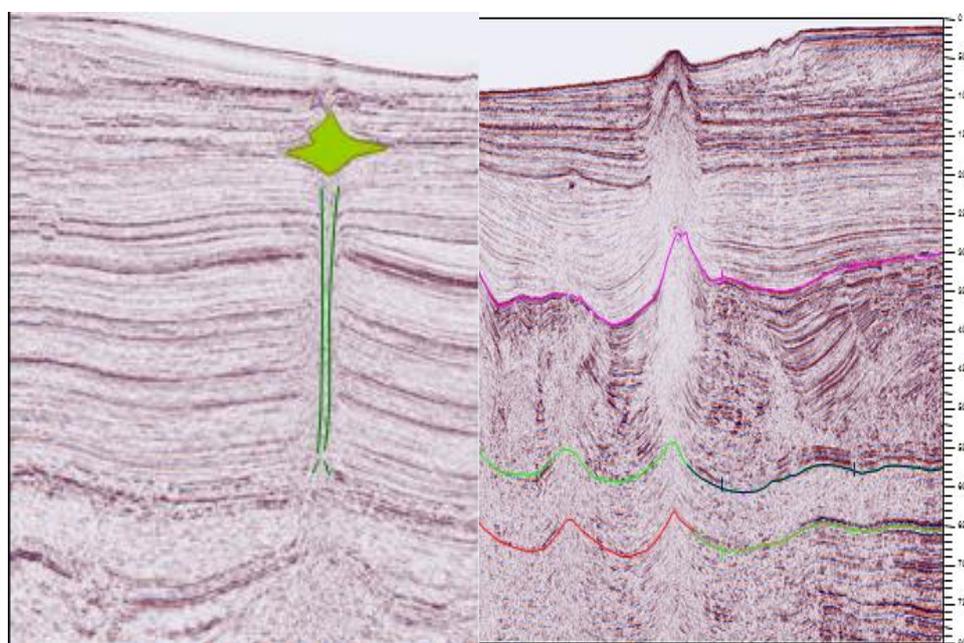


Рис. 5. Сейсмические разрезы через площади Южно–Каспийской впадины с развитием грязевых вулканов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Атлас грязевых вулканов мира* // Гл. редактор Ак.А. Ализаде. Баку: Издательство «Nafta–Press», 2015. 322 с.
2. *Гулиев И.С. Возбужденные осадочные комплексы и их роль в динамических процессах и формировании нефтегазовых месторождений* // Труды Международного совещания–семинара «Новейшая тектоника и ее влияние на формирование и размещение залежей нефти и газа». Баку, 1999. С. 44–52.

3. Гулиев И.С., Гусейнов Д.А. К флюидодинамике Южно–Каспийского бассейна // Доклады Академии наук. 2004. Т. 395, № 5. С. 641–645.
4. Гулиев И.С., Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Осипов А.В. Новый класс геологических структур земной коры – субвертикальные зоны деструкции и связанные с ними скопления углеводородов // Сборник научных трудов «Фундаментальный базис и инновационные технологии прогноза, поисков и разведки нефти и газа», 2016, с. 23–31.
5. Гулиев И.С., Керимов В.Ю., Осипов А.В., Мустаев Р.Н. Генерация и аккумуляция углеводородов в условиях больших глубин земной коры // SOCAR Proceedings, Т. 1, № 29, 2017, с. 4–16.
6. Керимов В.Ю., Осипов А.В. Нефтегазоносность больших глубин и перспективные направления геологоразведочных работ на нефть и газ в глубоководных горизонтах на территории РФ // Neftegaz.RU, №10, 2016, с. 66–72.
7. Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Осипов А.В., Бондарев А.В. Генерация углеводородов на больших глубинах земной коры // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина, № 3, 2016, с. 42–55.