

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА В СВЯЗИ С НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬЮ ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Фейзуллаев А.А.^{1,2}, Гусейнов Д.А.¹, Рашидов Т.М.¹

¹Институт геологии и геофизики НАНА

AZ1143, г. Баку, просп. Г.Джавида, 119: fakper@gmail.com

²Институт нефти и газа НАН Азербайджана

AZ 1000, Баку, Азербайджан, ул. Ф.Амирова, 9

ISOTOPIC COMPOSITION OF THE PRODUCTS OF THE MUD VOLCANOES ACTIVITY IN THE SOUTH-CASPIAN BASIN IN CONNECTION WITH PETROLEUM POTENTIAL OF THE DEEPLY BURRIED SEDIMENTS

Feyzullayev A.A.^{1,2}, Huseynov D.A.¹, Rashidov T.M.¹

¹Institute of Geology and Geophysics, Azerbaijan National Academy of Sciences
119, H.Javid Ave., Baku, Azerbaijan, AZ1143: fakper@gmail.com

²Institute of Oil and Gas of Azerbaijan National Academy of Sciences
9, F.Amirov str., Baku, Azerbaijan, AZ 1000

Keywords: South-Caspian basin, mud volcanoes, rocks-ejects, fluids, isotopic composition, great depths, forecast of petroleum potential

Summary. Currently the most effective way to find hydrocarbons is their prospecting in deeply buried sediments of the operated oil-producing provinces that, in its turn, is related with definite engineer and financial risks. So, the mud volcanoes of the South-Caspian Basin (SCB) can play a role of the natural deep wells and carry value information regarding the processes occurring at great depths.

The paper summarized the results of the previous and new studies of the isotopic composition of products of activity (rocks-ejects, gas, oil, water) of the mud volcanoes in the SCB with purpose to forecast the petroleum potential and phase state of HC at the depths inaccessible for drilling and minimize the economic and technological risks of expensive deep wells drilling. It is shown that the position of petroleum charges of mud volcanoes and fields in the section corresponds to the generally accepted vertical zoning of oil-and-gas generation and has a single genetic source. The increase of rocks thickness is observed from onshore towards the central deep part of the SCB and the maturity of oil and gas increases as well accompanying by the change of phase state of the HC from oil to oil-gas and gas-condensate ones. Only gas-condensate accumulations are forecasted in the deep part of the SCB. The lower limit of their generation temperature is approximately assessed as 300°C, and corresponded to the depth range of about 8 to 16 km.

© 2022 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Введение

Развитие мировой нефтегазовой промышленности основывается в настоящее время на нескольких стратегиях. *Первая* – это повышение эффективности извлечения углеводородов (УВ) из уже разрабатываемых месторождений, из которых, как правило, извлекается только 30-40% нефти. *Вторая* – это проведение поисковых работ на новых еще неразведанных территориях. Эта стратегия направлена главным образом на освоение УВ потенциала континентального шельфа арктических морей. И, наконец, *третья* стратегия заключается в поисках УВ в глубоко-

погруженных отложениях старых нефтегазовых бассейнов.

Основные приросты мировых запасов УВ связываются с осуществлением двух последних стратегий развития нефтегазовой отрасли. Причем в настоящее время наиболее эффективным и рентабельным направлением считаются поиски УВ в глубокопогруженных отложениях старых нефтедобывающих районов. Начало этого направления поисков было стимулировано развитием инженерной технологии, позволяющей бурить при глубинах моря до 3 км, и открытием в Мексиканском заливе на глубинах 8-10 км ги-

гантских месторождений нефти. В настоящее время на глубинах более 4500 м промышленная нефтегазоносность установлена практически более чем в 50 нефтегазоносных областях мира. В то же время скважины глубже 6000 м пробурены не более чем в 20% нефтегазоносных бассейнов (НГБ). Но, несмотря на такую низкую в целом степень глобальной изученности НГБ, в интервале глубин 4500-8100 м уже разрабатывается более 1000 месторождений нефти и газа, причем их начальные суммарные извлекаемые запасы составляют соответственно 7% от мировых запасов нефти и 25% от запасов газа (Керимов и др., 2015).

Промышленные месторождения УВ на больших глубинах (до 7 км) выявлены и в глубоководной акватории Южно-Каспийского бассейна (ЮКБ), характеризующейся наиболее благоприятными условиями для формирования и сохранения крупных газоконденсатных месторождений в условиях высоких термобарических параметров недр. Сейсмическими работами здесь выявлено порядка 25 перспективных структур, некоторые из которых подготовлены сейсморазведкой 3Д к разведке и введены в глубокое поисковое бурение. В результате было открыто крупнейшее газоконденсатное месторождение Шахдениз с запасами газа 1.2 трлн. м³, а также газоконденсатные месторождения Абшерон и Умид с запасами газа 200-300 млн. м³.

В настоящее время в азербайджанском секторе Южного Каспия общий фонд локальных поднятий составляет 149, в числе которых описанных и разведанных площадей – 68 (в том числе 28 открытых месторождений различного фазового состояния), а неописанных структур – 81. Величина коэффициента разведанности глубоководной части акватории составляет менее 0.2, в то время как в остальной ее части она достигает почти 0.5 (Керимов и др., 2015).

Важно отметить, что поиск залежей УВ на больших глубинах достаточно рискованное и дорогое предприятие, поскольку стоимость одной глубоководной поисково-разведочной скважины достигает 90 млн. долларов и больше (Amado, 2013), что на несколько порядков больше, чем стоимость типичной скважины на суше. Тем не менее, политическая и экономическая действительность (высокий уровень цен и рост потребления нефти) делает глубоководные поиски коммерчески жизнеспособной задачей.

Для оценки УВ потенциала высокоперспективной глубоководной акватории Южного Каспия и прогноза ее нефтегазоносности на глубинах более 7 км на сегодняшний день нет общепринятой технологии. В решении данной про-

блемы весьма информативными могут быть широко развитые в ЮКБ грязевые вулканы, которые рассматриваются как аналоги глубоких и сверхглубоких скважин и являются носителями ценнейшей информации о процессах, происходящих в невоскрываемой бурением нижней части осадочного комплекса. Изотопно-геохимическое изучение продуктов их деятельности (породы-выбросы, газ, нефть и вода) позволяет получить дополнительную информацию о потенциале сверхглубоких УВ систем, о термобарических условиях и степени его реализации, об ожидаемом фазовом состоянии УВ, что необходимо для решения практических задач оценки нефтегазоносности больших глубин.

Все вышеуказанное определяет актуальность данной статьи, направленной на обобщение и анализ как ранее выполненных, так и современных исследований изотопного состава пород и флюидов грязевых вулканов ЮКБ как наиболее информативного генетического индикатора происходящих в недрах процессов. Это позволит повысить объективность прогнозирования нефтегазоносности и фазового состояния УВ на больших глубинах, а также минимизировать экономический и технологический риск бурения дорогостоящих глубоких скважин.

Краткая характеристика объекта исследований

ЮКБ – крупный тектонический элемент земной коры и высокоперспективный осадочный бассейн в центральном сегменте Альпийско-Гималайского подвижного пояса, включающий наиболее глубокопогруженную депрессию Земли – Южно-Каспийскую впадину (ЮКВ). ЮКБ обрамлен горными сооружениями Большого и Малого Кавказа, Копетдага, Талыша и Эльбурса, с которых с участием различных речных систем (Волга, Кура, Аму-Дарья и др.) в бассейн доставлялся большой объем осадочного материала с высокими скоростями погружения и седиментации. В результате здесь была сформирована мощная (до 25 км) толща осадков.

С позиции концепции тектоники литосферных плит ЮКВ рассматривается как реликт Большекавказского окраинного моря, которое существовало в юрско-эоценовую эпоху на активной окраине океана Мезотетис, современная структура которого определяется столкновением Аравийской и Евразийской плит (Philip et al., 1989; Axen et al., 2001; Jackson et al., 2002; Kazmin, Verzhbitskii, 2011).

Нефть и газ добываются в ЮКБ в основном из вскрытых скважинами свит Продуктивной – Красноцветной толщи (ПТ – КТ, нижний плио-

цен), залегающей на глубине 1-3 км на суше и 4-7 км в море. Многолетними поисково-разведочными работами выявлено сосредоточение основных запасов и наиболее крупных месторождений УВ в северной части ЮКБ, охватывающей территорию двух прогибов с их северными и южными прибортовыми частями. Это Джейранкечмесский прогиб (Гобустанский нефтегазоносный район /НГР/) на суше и, являющийся его продолжением в море, Южно-Абшеронский прогиб (НГР Абшеронского п-ова и Абшеронского архипелага на северном борту и НГР Бакинского архипелага на южном борту) (рис. 1).

Джейранкечмес-Южно-Абшеронский прогиб является наиболее крупной геодинамической единицей ЮКБ, к которой приурочено более 90% ресурсов УВ бассейна, и где отмечается максимальная плотность развития грязевых вулканов. Поэтому наибольшие перспективы обнаружения новых скоплений УВ связываются в основном с глубоководной частью Южно-Абшеронского прогиба и его южной прибортовой частью.

Объем и методы исследований

Выполненный в этом исследовании прогноз особенностей УВ системы глубоководной части ЮКБ основан на анализе изотопно-геохимической характеристики продуктов дея-

тельности ГВ и их корреляции с месторождениями нефти и газа.

Количественная и качественная оценка генерационного потенциала пород мезокайнозойского комплекса ЮКБ осуществлена на основании результатов пиролиза образцов пород-выбросов с 22 грязевых вулканов Абшеронского полуострова, Шамахи-Гобустанского и Нижнекуринского НГР.

Пиролиз пород был выполнен на установке Rock-Eval, что позволило определить спектр параметров, отражающих качественные и количественные характеристики ОВ пород, в том числе: общего органического углерода (ТОС), реализованного (S_1) и остаточного генерационного потенциала породы (S_2), кислородного и водородного индексов (ОИ и НИ), температуры максимального выхода углеводородов в пиролизе (T_{max}) и других параметров.

Для изучения изотопно-геохимической характеристики нефтей и газов были отобраны пробы нефти и газа с 16 грязевых вулканов.

Для определения изотопных соотношений $\delta^{13}C/^{12}C$ (в промилле (‰) относительно стандарта – V-PDBV-PDB) в керогене (экстракте пород) и углеводородах, а также δD , $\delta^{18}O$ в водах (в промилле относительно стандарта V-SMOW) использовались масс-спектрометры: DELTA Plus XP, CJS Sigma и Finnigan 4000.

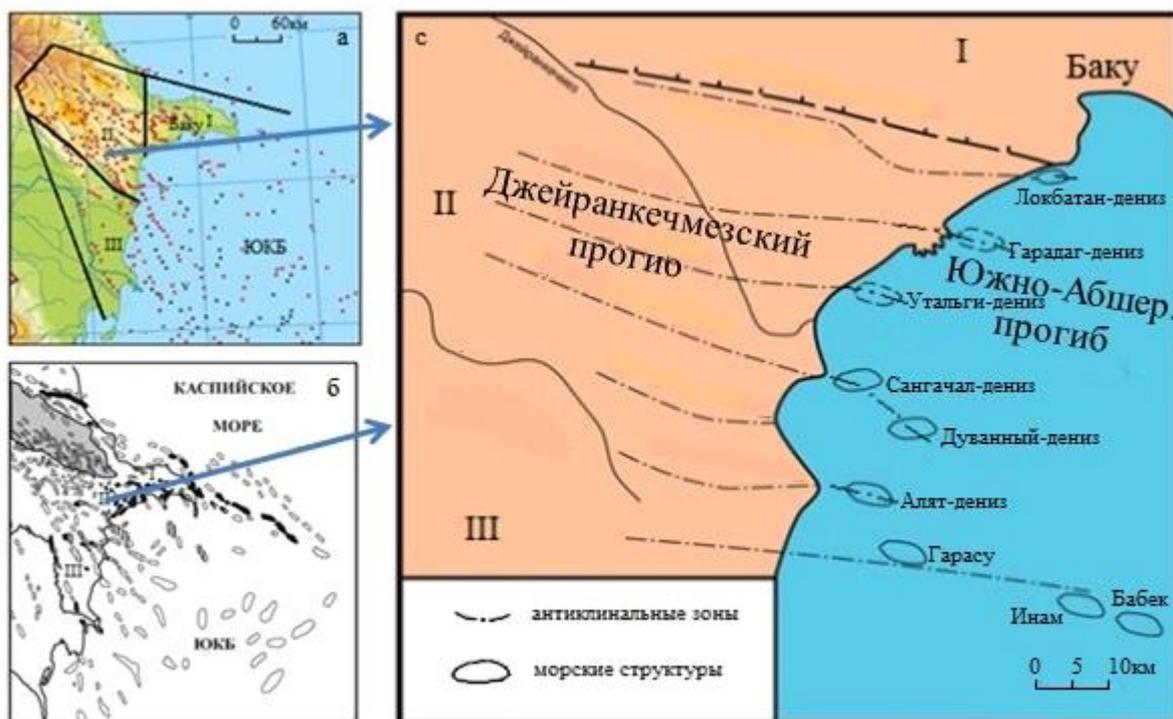


Рис. 1. Схемы распространения грязевых вулканов (а), нефтегазовых и перспективных структур (б) и морского продолжения субширотных антиклинальных зон Гобустана (по Алиев, Байрамов, 2007 с некоторыми дополнениями) в ЮКБ. I-III районы: I – Абшеронский; II – Гобустанский; III – Нижнекуринский

Хромато-масс-спектрометрический анализ нефтей и экстракта пород выполнен на хромато-масс-спектрометре GC/MS Clarus SQ8 MS.

Прямые оценки зрелости нефти и газа месторождений и грязевых вулканов ЮКБ проводились на основании эквивалентных значений отражательной способности витринита (R_o), рассчитанных соответственно по биомаркерному параметру – метил-фенантроновому индексу (MPI) (Peters, Moldovan, 1993) и изотопный состав углерода (ИСУ) этана (Faber, 1987).

Интерпретация данных и их корреляция выполнены с привлечением ранее проведенных исследований пород и флюидов грязевых вулканов (Дадашев и др., 1982; Валяев и др., 1985; Лаврушин и др., 2015; Киквадзе, 2016), результатов изучения генерационного потенциала мезокайнозойских пород из естественных обнажений и скважин (Guliyev et al., 1997; Feyzullayev et al., 2001 и др.), а также ИСУ нефтей и газов месторождений (Guliyev, Feyzullayev, 1996; Katz et al., 2000; Guliyev et al., 2001; Gürgey, 2003).

Обработка аналитических данных и графические построения выполнены с использованием стандартных компьютерных программ.

Результаты исследований и их обсуждение

УВ потенциал и ИСУ органического вещества пород

Результаты большого объема пиролитических исследований образцов пород осадочного комплекса ЮКБ (породы с естественных обнажений и керн из скважин) показали, что олигоцен-миоценовые отложения обладают лучшими нефтематеринскими свойствами, как по содержанию органического вещества (ОВ) и его качеству, так и по температурным условиям, необходимым для его преобразования (Bailey et al., 1996; Wavrek et al., 1996; Guliyev et al., 1997; Feyzullayev et al., 2001). Это заключение подтвердили и результаты пиролитических пород-выбросов ГВ (Гулиев и др., 2005; Мустаев, 2013) (рис. 2).

По изотопному составу углерода (ИСУ) ОВ в ЮКБ отчетливо выделяются два источника УВ (source rocks): диатомовый и до-диатомовый (мел-нижнемиоценовый) (Feyzullayev et al., 2001). ОВ диатомовых пород характеризуются относительно более тяжелым ИСУ (рис. 3).

Диатомовая свита относится к средне-верхнемиоценовому стратиграфическому интервалу и включает 4 горизонта: конк, караган, сармат, меотис. Эта свита отличается высоким содержанием Сор_г (в среднем 4.35 мас.%) с керогеном типа II-I (HI до 770 мг УВ/г Сор_г). Потенциал у диатомовых пород выше (~3 т. УВ/м²),

чем у пород майкопской серии (Aghayeva et al., 2021).

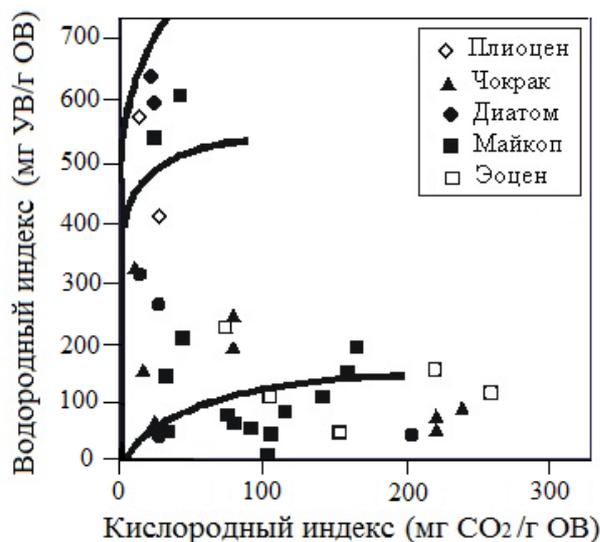


Рис. 2. График зависимости между водородным (HI) и кислородным (OI) индексами по данным пиролитических пород-выбросов грязевых вулканов ЮКБ, отражающий качество (тип) ОВ

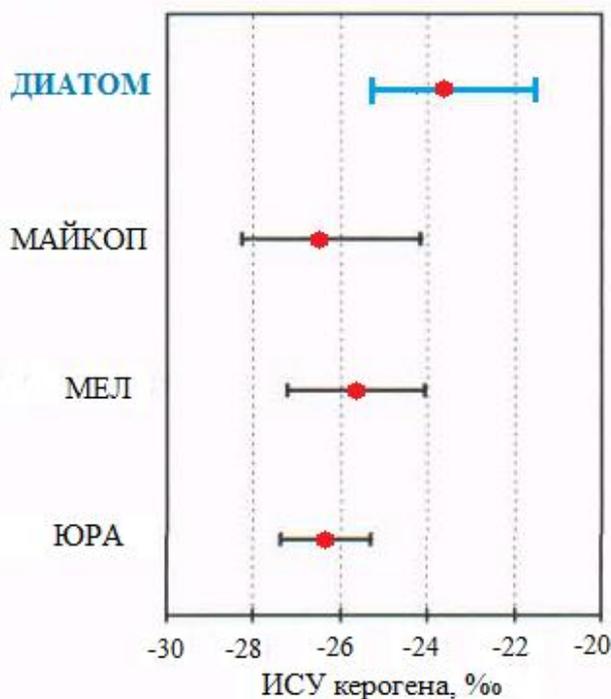


Рис. 3. ЮКБ. Диапазоны и средние значения $\delta^{13}C$ в керогене разновозрастных пород

ИСУ нефти грязевых вулканов

Пределы изменения и средние значения ИСУ нефти изученных грязевых вулканов ЮКБ приведены в таблице 1.

Таблица 1

ИСУ нефти грязевых вулканов различных НГР ЮКБ

Район	Количество исследованных вулканов	$\delta^{13}\text{C}$ нефти, ‰ PDB	
		Пределы изменения	Средняя
1	2	3	4
Шамахи-Гобустанский	13	-25.0...-28.2	-27.1
Нижекуруинский	4	-25.0...-27.1	-26.3

Согласно данным таблицы 1, нефти грязевых вулканов Абшеронского и Шамахи-Гобустанского НГР характеризуются схожим ИСУ, который относительно более легкий в сравнении с грязевыми вулканами Нижекуруинского НГР.

Нефти, являющиеся производными ОВ материнских пород, унаследуют их генетические свойства и, в частности, характерный для них ИСУ. Это подтверждает выполненная корреляция нефть-нефть по ИСУ (рис.4), которая показала, что нефти в доплиоценовых резервуарах отличаются относительно более легким ИСУ, характерным для до-диатомового ОВ.

Сопоставление рассчитанных (по MPI) значений зрелости нефтей месторождений и грязевых вулканов показало на их в целом хорошую сходимость (рис. 5) и в то же время позволило прийти к заключению, что нефти грязевых вулканов, наиболее вероятно, являются продуктом разрушения как нижеплиоценовых, так и доплиоценовых резервуаров при некотором преобладании вклада последних.

Установлено (Feyzullayev, Aliyeva, 2003), что в региональном плане ИСУ нефтей месторождений утяжеляется в направлении регионального погружения осадочных слоев, в сторону центральной части Южного Каспия. Это указывает на увеличение в залежах ПТ в этом направлении доли нефти, генерированной диатомовым интервалом разреза.

ИСУ газов

В исследованных грязевых вулканах величина $\delta^{13}\text{C}$ метана изменяется в пределах -61.6 ... -36.6 ‰, составляя в среднем -48.5‰. Пределы изменения величины $\delta^{13}\text{C}$ этана находятся в интервале -29.6 до -23.3‰ (среднее – -26.9‰) (табл. 2).

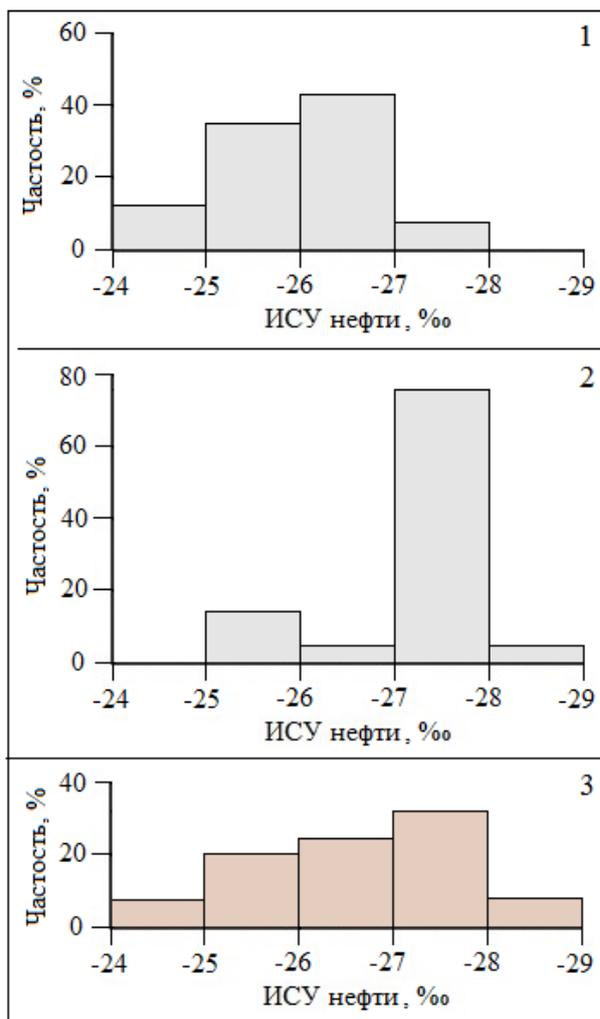


Рис. 4. Гистограммы распределения значений ИСУ нефтей месторождений в нижеплиоценовых (1) и до-плиоценовых (2) резервуарах и грязевых вулканов (3) Азербайджана

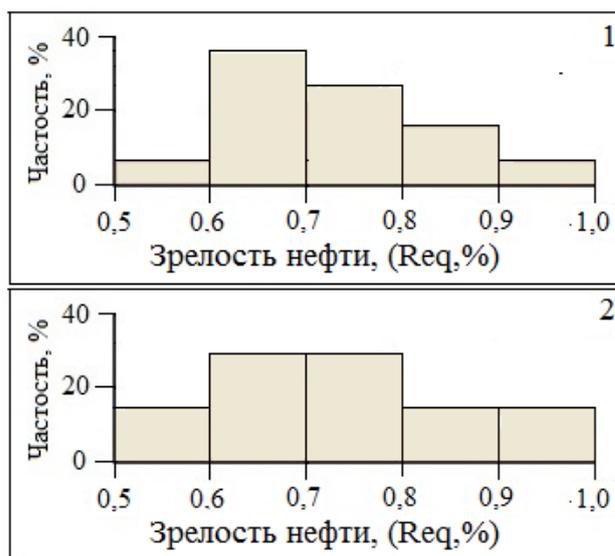


Рис. 5. Зрелость нефтей месторождений (1) и грязевых вулканов (2) в Req.(%), рассчитанная по MPI

Таблица 2

Изотопный состав углерода газов грязевых вулканов ЮКБ

Район/параметры	Количество исследованных вулканов	$\delta^{13}\text{C}$, ‰ PDB		
		CH_4	C_2H_6	CO_2
1	2	3		4
<u>Абшеронский</u> Пределы изменения ИСУ Средняя	8	-39.5...-56.7 -47.8	-25.4...-28.4 -26.4	-0.5... 1.8 -0.35
<u>Шамахи-Гобустанский</u> Пределы изменения ИСУ Средняя	48	-36.6...-58.4 -49.6	-23.3...-29.6 -27.4	-36.9 ...23.4 4.15
<u>Нижнекуринский</u> Пределы изменения ИСУ Средняя	23	-44.2...-61.6 -49.8	не опр.	-21.9...19.6 -0.03

Гистограмма распределения значений ИСУ метана грязевых вулканов ЮКБ имеет бимодальный характер (рис. 6), отражая наличие преимущественно катагенетического (-35...-50‰), а также смешанного катагенетического-биохимического метана (-50...-65 ‰).

В распределении в пространстве значений ИСУ метана грязевых вулканов наблюдается отчетливая зональность (рис. 7). Наиболее изотопно-тяжелые, а следовательно, катагенетически более зрелые газы характерны для грязевых вулканов Шамахи-Гобустанского и Абшеронского НГР.

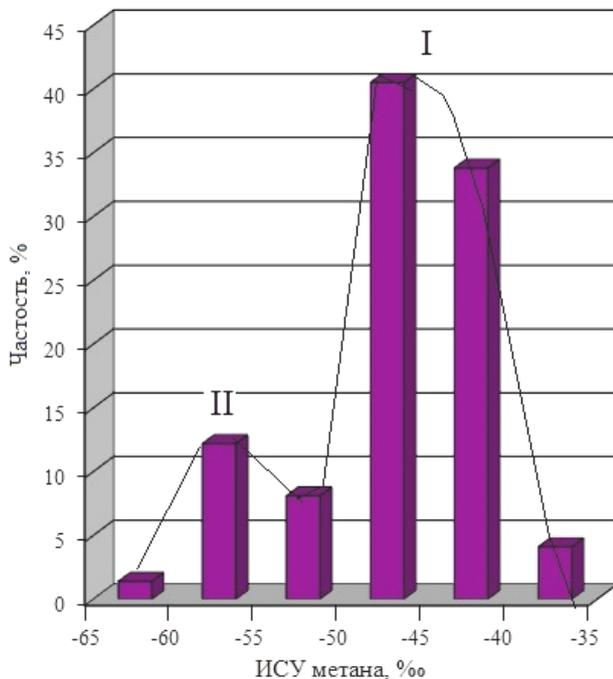


Рис. 6. Гистограмма распределения ИСУ метана грязевых вулканов Азербайджана. I – метан катагенетический; II – метан смешанный (биохимический + катагенетический)

Анализ изменения в пространстве ИСУ газов месторождений показал, что от суши к морю отмечается относительное утяжеление ИСУ (рис. 8). Учитывая, что величина $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ растет с увеличением пластовой температуры (глубины) (Прасолов, Лобков, 1977; Дадашев и др., 1986), можно заключить, что в этом направлении от суши к морю увеличивается катагенетическая зрелость газов. Это подтверждают рассчитанные (по ИСУ этана) значения зрелости газов, которые для газов морских месторождений составляют в среднем около 1.53% Rэкв, в то время как для месторождений суши это значение заметно ниже (1.32% Rэкв).

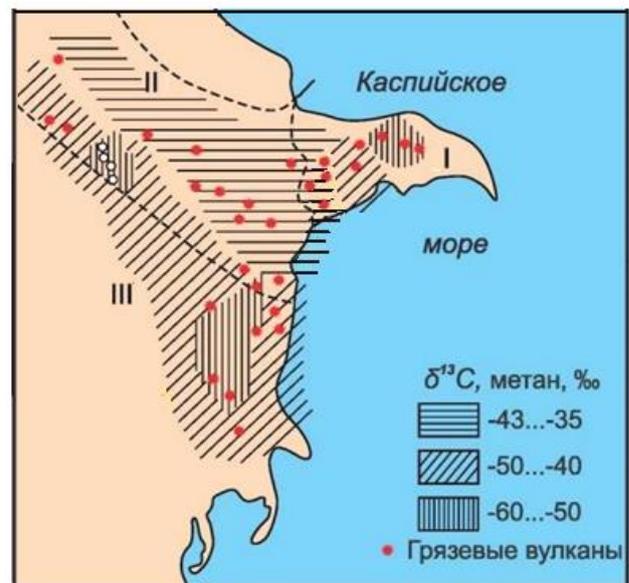


Рис. 7. Схема распределения значений ИСУ метана в грязевых вулканах ЮКБ (Дадашев и др., 1986). Нефтегазоносные районы: I – Абшеронский; II – Шамахи-Гобустанский; III – Нижнекуринский

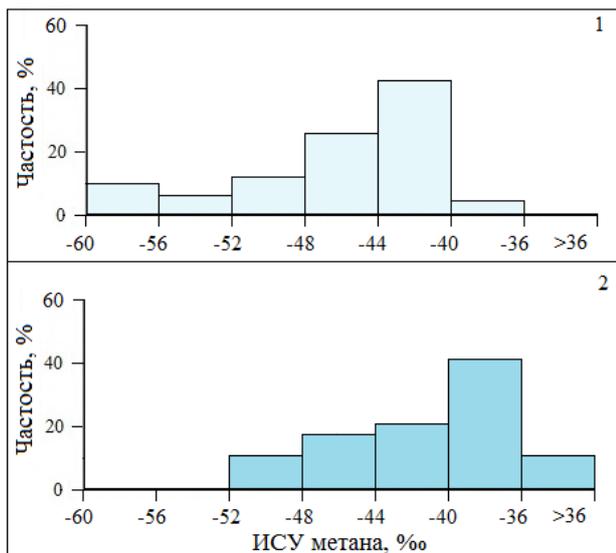


Рис. 8. ЮКБ. Гистограммы распределения значений ИСУ углерода метана месторождений суши (1) и моря (2)

Зрелость УВ газов грязевых вулканов изменяется в пределах 1.30-2.10% Рэкв, а газов газогидратов, отобранных из жерла 4-х подводных грязевых вулканов в глубоководной части Южного Каспия – в пределах 1.47-1.94% Рэкв (Фейзуллаев, Тагиев, 2008). Это в целом хорошо согласуется со зрелостью УВ газов месторождений, указывая на общность их генетического источника, что находит убедительное подтверждение на графике зависимости между ИСУ метана и этана (рис. 9). Некоторое различие обусловлено наличием биохимических УВ газов в неглубоко залегающих резервуарах.

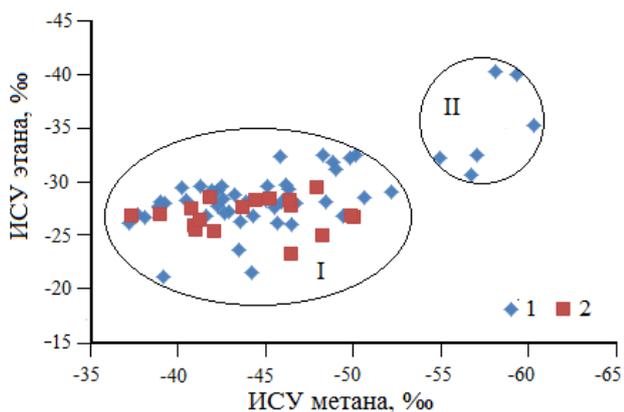


Рис. 9. ЮКБ. График зависимости между ИСУ метана и этана месторождений (1) и грязевых вулканов (2): I – УВ газ катагенетический; II – УВ газ биохимический

ИСУ углекислого газа

В грязевых вулканах ЮКБ ИСУ ($\delta^{13}\text{C}$) CO_2 изменяется в широких пределах: от -36.9 до +23.4‰ (см. табл. 2, рис. 10), почти 60% из которых имеют положительные значения, а у около

46% исследованных образцов превышают значение в 5‰.

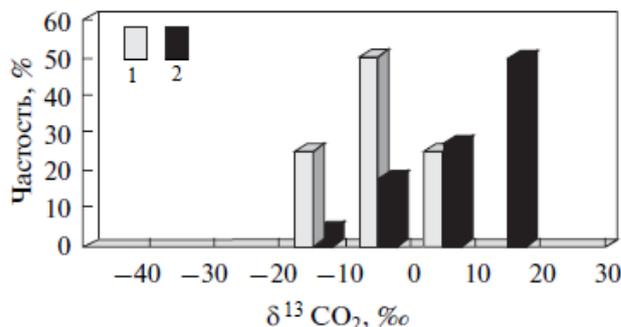


Рис. 10. Гистограммы распределения значений $\delta^{13}\text{C}$ CO_2 (в ‰) грязевых вулканов.

1 и 2 – грязевые вулканы, характеризующиеся соответственно наличием и отсутствием нефтепроявлений

Природа необычного сверхтяжёлого ИСУ CO_2 представляет наибольший интерес и долгое время была предметом дискуссий. Только после изучения ИСУ CO_2 месторождений эта проблема нашла свое решение. Было установлено, что все позитивные значения ИСУ CO_2 характерны для залежей, глубина которых не превышает примерно 2 км независимо от стратиграфической их приуроченности (рис. 11). Этот факт, а также то, что изотопно-сверхтяжелая CO_2 характерна преимущественно для грязевых вулканов с нефтепроявлениями, позволили высказать предположение об образовании их в близповерхностных условиях, в результате ферментативной деструкции нефти без участия температурного фактора (Фейзуллаев, Мовсумова, 1995, 2010). Этот процесс сопровождается увеличением в газе концентрации CO_2 (рис. 12).

Обогащение ИСУ CO_2 легким изотопом ^{12}C , наблюдаемое с увеличением глубины залегания залежей (см. рис. 11), является доказательством образования ее в результате термokatалитических процессов метаморфизации ОВ. В связи с этим важно отметить, что месторождения моря характеризуются в среднем относительно более легким ИСУ CO_2 (1.72‰) в сравнении с газами суши (2.55‰). Это подтверждает увеличение в сторону моря масштабов термokatалитического преобразования ОВ.

Изотопный состав инертных газов (He, Ar)

Измеренные значения отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ и $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ в газах грязевых вулканов ЮКБ изменяются соответственно в пределах 2.8-30.0 (Алиев, Кабулова, 1980) и 300-885 (Джафаров, 1985), указывая на их осадочное происхождение (Лаврушин и др., 1996). Это подтверждает позитивная корре-

ляция между изотопным составом гелия и расчетной зрелостью газов грязевых вулканов (табл. 3), а также прямая зависимость между ИСУ CH_4 и содержанием в газах радиогенного аргона (^{40}Ar), отражающая увеличение зрелости газа с увеличением возраста пород (рис. 13).

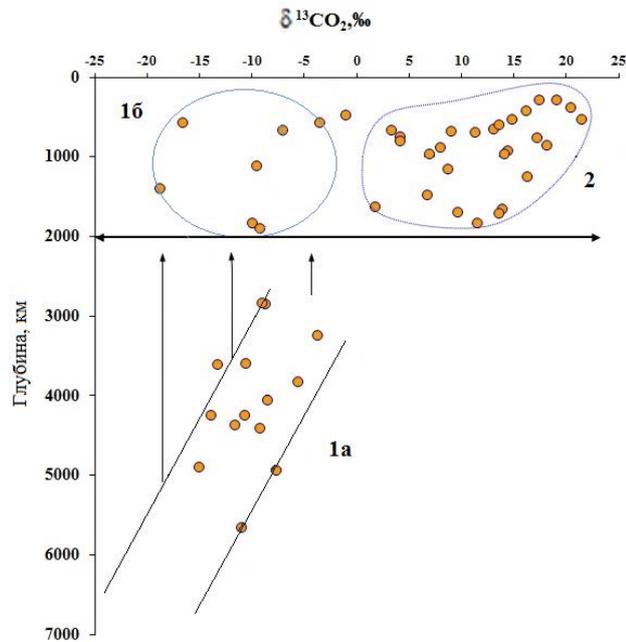


Рис. 11. Изменение с глубиной ИСУ CO_2 в нефтегазовых залежах ЮКБ: (1а): CO_2 , образовавшийся в результате термокаталитического преобразования ОВ; (16): CO_2 – миграционный; (2): CO_2 – продукт ферментативной деструкции нефти в близповерхностных условиях

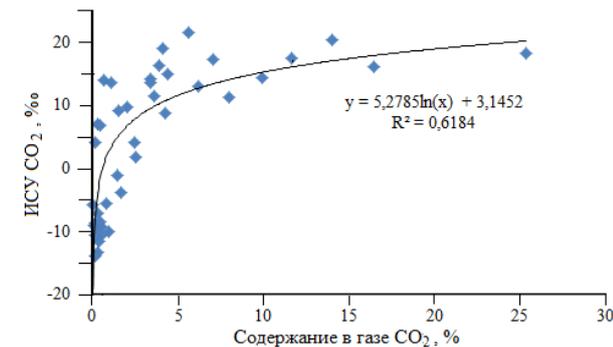


Рис. 12. Зависимость между ИСУ CO_2 и его концентрацией в газах ЮКБ

ИСУ вод грязевых вулканов

Изотопный состав водорода и кислорода вод грязевых вулканов ЮКБ варьирует в широком диапазоне ($\delta^{18}\text{O}$: от -0.6 до $+10.4$ ‰, а δD : от -32 до -12 ‰) (Гулиев и др., 2004). В сравнении с пластовыми водами нефтегазовых месторождений воды грязевых вулканов характеризуются обогащенностью дейтерием (δD) и $\delta^{18}\text{O}$ до $+3$ ‰

и $+11.2$ ‰ соответственно (Керимов и др., 2015) (рис. 14).

Таблица 3

Зависимость между значениями $^3\text{He}/^4\text{He}$ и расчетной зрелостью газов в грязевых вулканах Азербайджана

Грязевые вулканы	$^3\text{He}/^4\text{He}$, 10^{-8}		Зрелость, Рэкв по ИСУ этана, %	
	Пределы	Средняя	Пределы	Средняя
I группа (главная)	2.8 - 9.7	6.0	1.47 - 1.71	1.59
II группа	15 - 23	19.0	1.72 - 1.77	1.74
III группа	26 - 30	27.7	1.92 - 2.04	2.02

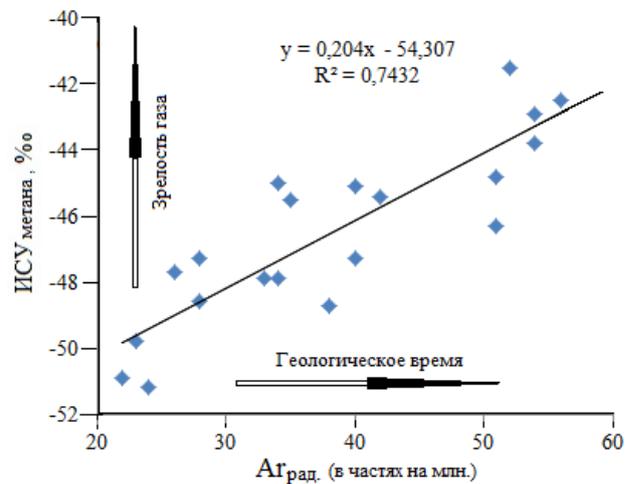


Рис. 13. Зависимость между ИСУ метана и содержанием радиогенного аргона (^{40}Ar) в газах грязевых вулканов ЮКБ

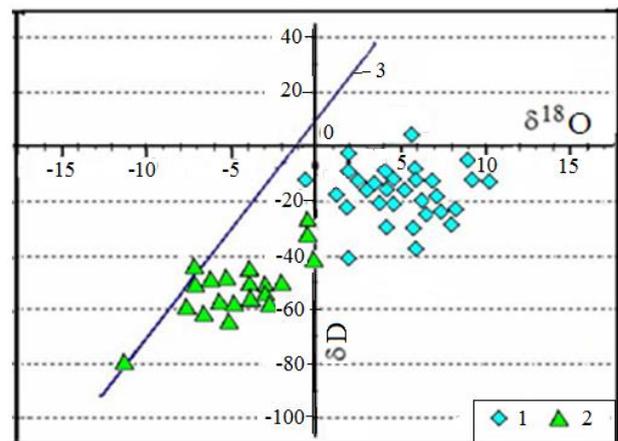


Рис. 14. Зависимость между изотопным составом кислорода и водорода вод грязевых вулканов (1) и пластовых вод нефтегазовых месторождений (2) ЮКБ. 3 – линия метеорных вод

Эти воды представляют собой сложные смеси глубинных вод (слабосоленых, в основном щелочных и пресных конденсатных вод) и отно-

сительно неглубоко залегающих водных рассолов (преимущественно хлоридных) или метеорных вод (Feyzullayev, 2012; Киквадзе, 2016). Это подтверждают результаты исследований грязевых вулканов и других осадочных бассейнов мира (Planke et al., 2003; Hovland et al., 2006; Mazzini, 2009; Nakada et al., 2011).

Исследования изотопного состава бикарбонатов вод (HCO_3^-) некоторых грязевых вулканов ЮКБ обнаружили необычно тяжелый изотопный состав их углерода, который изменяется в пределах от -0.8 до $+19.8\text{‰}$ (среднее значение $+10.7\text{‰}$) (Фейзуллаев, Мовсумова, 2010) (табл. 4).

Таблица 4

Изотопный состав углерода бикарбонатов вод грязевых вулканов ЮКБ

Грязевые вулканы	$\delta^{13}\text{C}_{\text{HCO}_3^-}$, ‰
Чайкурбанчи	+9.1
Демирчи	+3.1
Айрантекан	+10.0
Шейтануд	+17.7
Солахай	+16.0
Бахар	+11.9
Перекишкюль	+19.8
Джагирли (Южный)	+7.0
Готурдаг	-0.8
Чешлдаг (Западный)	+13.0

Выявленная достаточно четкая корреляция между ИСУ бикарбонатов и CO_2 грязевых вулканов (рис. 15) еще раз подтверждает, что бикарбонаты и CO_2 с тяжелым ИСУ являются продуктами единого процесса окислительной деструкции УВ. Это подтверждают и другие исследователи (Carothers and Kharaka, 1980).

Заключение

Обобщение ранее выполненных и новых исследований ИСУ ОВ пород и флюидов грязевых вулканов и нефтегазовых залежей, а также их корреляция подтверждают существующие основные представления об особенностях УВ систем ЮКБ. Очаги генерации жидких и газообразных УВ, хотя в полном соответствии с вертикальной зональностью нефтегазообразования гипсометрически смещены относительно друг друга, имеют единый генетический источник.

В направлении погружения осадочных отложений, т.е. от суши в сторону центральной глубоководной части ЮКБ отмечается последо-

вательное увеличение гипсометрической и стратиграфической мощности пород, вовлеченных в образование УВ, сопровождающееся ростом зрелости и сменой их фазового состояния (от нефтяных к нефтегазовым и газоконденсатным). Это позволяет заключить, что в глубоководной части ЮКБ следует ожидать открытия исключительно газоконденсатных скоплений (Feyzullayev, Lerche, 2020).

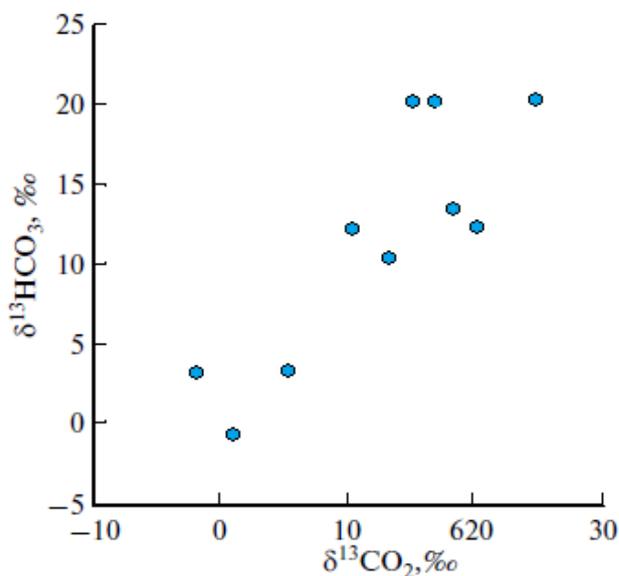


Рис. 15. Зависимость ИСУ между ИСУ углекислого газа и бикарбонатов вод грязевых вулканов ЮКБ

Согласно выполненным расчётам, интервал образования газа и растворенного в нем конденсата охватывает глубины от 8 до 16 км (рис. 16). Их образование связано, как с поздней стадией температурного преобразования ОВ, так и с крекингом ранее образованных жидких УВ.

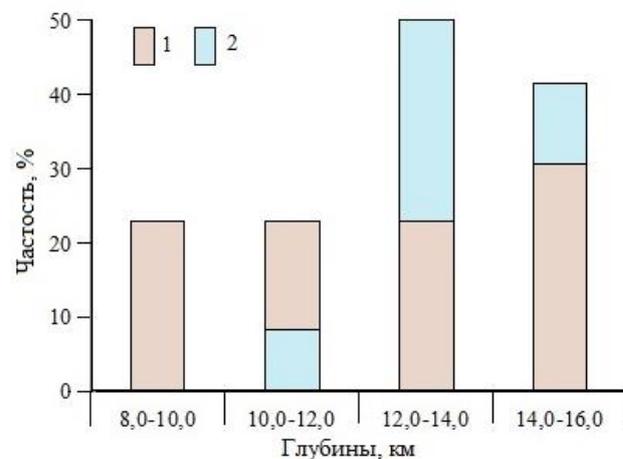


Рис. 16. ЮКБ. Гистограммы распределения глубин источника газов месторождений (1) и грязевых вулканов (2), рассчитанных по ИСУ

При температурном градиенте в центральной глубоководной части ЮКВ примерно в 18°C/км температура на глубине 16 км будет равна примерно 290°C. Это хорошо согласуется с оценками, выполненными по ИСУ метана для других осадочных бассейнов мира. Согласно этим оценкам (Прасолов, 1990) максимальному предельному значению ИСУ метана осадочного генезиса, равному -35%, соответствует температура недр в 300°C. В ЮКБ максимальное значение

ИСУ метана равно – 34.5%, что позволяет считать нижнюю границу температуры его источника в 300°C объективной.

Благодарности

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EIF-BGM-4-RFTF-1/2017.

ЛИТЕРАТУРА

- Алиев Ад.А., Байрамов А.А. Закономерности пространственно-временного распределения грязевых вулканов Южно-Каспийской впадины в свете новой тектонической концепции. Труды Ин-та геол. НАНА, No. 35, 2007, с. 25-45.
- Алиев Ад.А., Кабулова А.Я. Изотопы гелия в газах грязевых вулканов Азербайджана. ДАН Азербайджана, Т. 36, No. 3, 1980, с. 52-56.
- Валяев Б.М., Гринченко Ю.И., Ерохин В.Е., Прохоров В.С., Титков Г.А. Изотопный облик газов грязевых вулканов. Литология и полезные ископаемые, No.1, 1985, с. 72-87.
- Гулиев И., Фейзуллаев А., Алиев А., Мовсумова У. Состав газов и органического вещества пород-выбросов грязевых вулканов Азербайджана. Геология нефти и газа, No. 3, 2005, с. 27-30.
- Гулиев И., Фейзуллаев А., Гусейнов Д. Геохимические особенности и источники флюидов грязевых вулканов Южно-Каспийского осадочного бассейна в свете новых данных по изотопии С, Н, и О. Геохимия, No. 7, 2004, с. 792-800.
- Дадашев А.А., Зорькин Л.М., Блохина Г.Г. Новые данные об изотопном составе углерода метана природных газов грязевых вулканов Азербайджана. Доклады АН СССР, Т. 262, No. 2, 1982, с. 399-401.
- Дадашев А.А., Фейзуллаев А.А., Гулиев И.С. Вертикальная зональность нефтегазообразования по данным изотопного состава углерода метана грязевых вулканов и месторождений Азербайджана. Нефтегазовая геология и геофизика, No. 6, 1986, с. 24-28.
- Джафаров С.А. Инертные компоненты (гелий, азот, изотопы аргона) газов грязевых вулканов Азербайджана в связи с перспективами газоносности глубоководных отложений. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд.г.-м.н. Институт геологии АН Азерб.ССР, Баку, 1985.
- Керимов В.Ю., Гулиев И.С., Гусейнов Д.А., Лавренова Е.А., Мустаев Р.Н., Осипов А.В., Серикова У.С. Прогнозирование нефтегазоносности в регионах со сложным геологическим строением. ООО «Издательский дом Недра». Москва, 2015, 404 с.
- Киквадзе О.Е. Геохимия грязевулканических флюидов Кавказского региона. Диссертация на соискание уч. ст. канд. геол.-мин. наук. Геологический институт РАН, Москва, 2016, 183 с.
- Лаврушин В.Ю., Гулиев И.С., Киквадзе О.Е., Алиев Ад.А., Покровский Б.Г., Поляк Б.Г. Воды грязевых вулканов Азербайджана: изотопно-химические особенности и условия формирования. Литология и полезные ископаемые, No. 1, 2015, с. 3-29, DOI: 10.7868/S0024497X15010036
- Лаврушин В.Ю., Поляк Б.Г., Прасолов Э.М., Каменский И.Л. Источники вещества в продуктах грязевого вулканизма (по изотопным, гидрохимическим и геологическим данным). Литология и полезные ископаемые, No. 6, 1996, с. 625-647.

REFERENCES

- Aghayeva V., Sachsenhofer R.F., van Baak C.G.C., Bechtel A., Hoyle T.M., Selby D., Shiyanova N., Vincent S.J. New geochemical insights into Cenozoic source rocks in Azerbaijan: implications for petroleum systems in the South Caspian region. Journal of Petroleum Geology, Vol. 44, No. 3, 2021, pp. 349-384.
- Aliyev Ad.A., Bayramov A.A. Regularities of spatial-time distribution of mud volcanoes in the South Caspian Basin in the light of new tectonic conception. Proceedings of Geology Institute of Azerbaijan National Academy of Sciences, No. 35, 2007, pp. 25-45 (in Russian).
- Aliyev Ad.A., Kabulova A.Ya. Helium isotopes in gases of the mud volcanoes of Azerbaijan. Proceedings of the Azerbaijan Academy of Sciences, Vol. 36, No. 3, 1980, с. 52-56 (in Russian).
- Amado L. Reservoir exploration and appraisal || field case evaluations. Gulf Professional Publishing. 2013, pp. 53-156, ISBN 9781856178532, <https://DOI.org/10.1016/B978-1-85617-853-2.00012-0>
- Axen G.J., Lam P.S., Grove M., Stockli D.F. Exhumation of the West-Central Alborz mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. Geology, Vol. 29, No. 6, 2001, pp. 559-562.
- Bailey N.J.L., Guliyev I.S., Feyzullayev A.A. Source rocks in the South Caspian. AAPG/ASPG research symposium 'Oil and gas petroleum systems in rapidly-subsiding basins'. Book of abstracts. Baku, Azerbaijan, October 6-9 1996.
- Carothers W.W., Kharaka Y.F. Stable carbon isotopes of HCO₃⁻ in oil-field waters –implications for the origin of CO₂. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 44, No. 2, 1980, pp. 323-332.
- Dadashev A.A., Feyzullayev A.A., Guliyev I.S. Vertical zoning of oil and gas forming by data of the isotopic composition of methane carbon of the mud volcanoes and fields in Azerbaijan. Oil and gas geology and geophysics, No. 6, 1986, pp. 24-28 (in Russian).
- Dadashev A.A., Zorkin L.M., Blokhina G.G. New data about the isotopic composition of methane carbon of the natural gases of the mud volcanoes in Azerbaijan. Akademiia Nauk SSSR, Doklady, Vol. 262, No. 2, 1982, с. 399-401, DOI: 10.7868/S0024497X15010036 (in Russian).
- Faber E. Zur isotopengeochemie gasformiger Kohlenwasserstoffe. Erdol, Erdgas, Kohle, Vol. 103, No. 5, 1987, pp. 210-218 (in German).
- Feyzullayev A., Aliyeva Es.A. Estimation of the various source rocks contribution in oil pools formation. EAGE 65 Conference and Exhibition, Stavanger, The Norway, 2-5 June 2003. Extended Abstracts on CD, P 026, 4 p.
- Feyzullayev A., Guliyev I., Tagiyev M. Source potential of the Mesozoic-Cenozoic rocks in the South Caspian Basin and their role in forming the oil accumulations in the Lower Pliocene reservoirs. Petroleum Geoscience, Vol. 7, No. 4, 2001, pp. 409-417.
- Feyzullayev A., Movsumova U. The nature of the isotopically heavy carbon of carbon dioxide and bicarbonates in the wa-

- Мустаев Р.Н. Условия формирования и прогноз нефтегазоносности западного борта Южно-Каспийской впадины. Дис. на соискание уч. степ. канд. геол.-минер. наук. РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, Москва, 2013, 123 с.
- Прасолов Э.М. Изотопная геохимия и происхождение природных газов. Недра. Ленинград, 1990, 283 с.
- Прасолов Э.М., Лобков В.А. Об условиях образования и миграции метана (по изотопному составу углерода). Геохимия, No. 1, 1977, с.122-135.
- Фейзуллаев А., Тагиев М. Формирование залежей нефти и газа в продуктивной толще Южно-Каспийского бассейна: новые подходы и результаты. Азерб. Нефт. Хозяйство, No. 3, 2008, с. 7-18.
- Фейзуллаев А., Мовсумова У. Природа изотопно-тяжелого углерода углекислого газа и бикарбонатов вод грязевых вулканов Азербайджана. Геохимия, No. 5, 2010, с. 1-6.
- Фейзуллаев А.А., Мовсумова У.А. Природа изотопно-тяжелого углерода углекислого газа грязевых вулканов Азербайджана. Материалы III Международной конференции Азербайджанского общества геологов нефтяников. Баку, 1995, с. 38-39.
- Aghayeva V., Sachsenhofer R.F., van Baak C.G.C., Bechtel A., Hoyle T.M., Selby D., Shiyanova N., Vincent S.J. New geochemical insights into Cenozoic source rocks in Azerbaijan: implications for petroleum systems in the South Caspian region. *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 44, No. 3, 2021, pp. 349-384.
- Amado L. Reservoir exploration and appraisal || field case evaluations. Gulf Professional Publishing. 2013, pp. 53-156, ISBN 9781856178532, <https://DOI.org/10.1016/B978-1-85617-853-2.00012-0>
- Axen G.J., Lam P.S., Grove M., Stockli D.F. Exhumation of the West-Central Alborz mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. *Geology*, Vol. 29, No. 6, 2001, pp. 559-562.
- Bailey N.J.L., Guliyev I.S., Feyzullayev A.A. Source rocks in the South Caspian. AAPG/ASPG research symposium 'Oil and gas petroleum systems in rapidly-subsiding basins'. Book of abstracts. Baku, Azerbaijan, October 6-9 1996.
- Carothers W.W., Kharaka Y.F. Stable carbon isotopes of HCO₃⁻ in oil-field waters – implications for the origin of CO₂. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 44, No. 2, 1980, pp. 323-332.
- Faber E. Zur isotopengeochemie gasformiger Kohlenwasserstoffe. *Erdol, Erdgas, Kohle*, Vol. 103, No. 5, 1987, pp. 210-218.
- Feyzullayev A., Aliyeva Es.A. Estimation of the various source rocks contribution in oil pools formation. EAGE 65 Conference and Exhibition, Stavanger, The Norway, 2-5 June. 2003. Extended Abstracts on CD, P 026, 4 p.
- Feyzullayev A., Guliyev I., Tagiyev M. Source potential of the Mesozoic-Cenozoic rocks in the South Caspian Basin and their role in forming the oil accumulations in the Lower Pliocene reservoirs. *Petroleum Geoscience*, Vol. 7, No. 4, 2001, pp. 409-417.
- Feyzullayev A.A. Mud volcanoes in the South Caspian basin: nature and estimated depth of its products. *Natural Science*, Vol. 4, No.7, 2012, pp. 445-453.
- Feyzullayev A.A., Lerche I. Temperature-depth control of petroleum occurrence in the sedimentary section of the South Caspian basin. *Petroleum Research*, Vol. 5, No. 1, 2020, pp. 70-76, <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2019.10.003>
- Guliyev I., Feyzullayev A. Geochemistry of hydrocarbon seepages in Azerbaijan. In: (D.Shumacher and M.Abrams, eds.) Hydrocarbon migration and its near-surface expression. AAPG Memoir, Vol. 66, 1996, pp. 63-70.
- Guliyev I., Feyzullayev A., Tagiyev M. Isotope-geochemical characteristics of hydrocarbons in the South Caspian Basin. *Energy, Exploration and Exploitation*, Vol. 15, No. 4/5, 1997, pp. 311-368.
- ters of mud volcanoes in Azerbaijan. *Geochemistry*, No. 5, 2010, pp. 1-6 (in Russian).
- Feyzullayev A., Tagiyev M. Forming of oil and gas deposits in the Productive Series of the South-Caspian basin: new approaches and results. *Azerbaijan Oil Industry*, No. 3, 2008, pp. 7-18 (in Russian).
- Feyzullayev A.A. Mud volcanoes in the South Caspian basin: nature and estimated depth of its products. *Natural Science*, Vol. 4, No.7, 2012, pp. 445-453.
- Feyzullayev A.A., Lerche I. Temperature-depth control of petroleum occurrence in the sedimentary section of the South Caspian basin. *Petroleum Research*, Vol. 5, No. 1, 2020, pp. 70-76, <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2019.10.003>
- Feyzullayev A.A., Movsumova U.A. The nature of the isotopically heavy carbon of the carbon-dioxide gas of the mud volcanoes in Azerbaijan. *Proceedings of the III International conference of Azerbaijan Society of Petroleum Geologists*, Baku, 1995, pp. 38-39 (in Russian).
- Guliyev I., Feyzullayev A. Geochemistry of hydrocarbon seepages in Azerbaijan. In: (D.Shumacher and M.Abrams, eds.) Hydrocarbon migration and its near-surface expression. AAPG Memoir, Vol. 66, 1996, pp. 63-70.
- Guliyev I., Feyzullayev A., Aliyev A., Movsumova U. Composition of gases and organic matter of rocks-ejections of mud volcanoes of Azerbaijan. *Oil and gas geology*, No. 3, 2005, pp. 27-30 (in Russian).
- Guliyev I., Feyzullayev A., Huseynov D. Fluids of mud volcanoes in the Southern Caspian sedimentary basin: geochemistry and sources in light of new data on the carbon, hydrogen, and oxygen isotopic compositions. *Geochemistry*, No. 7, 2004, pp. 792-800 (in Russian).
- Guliyev I., Feyzullayev A., Tagiyev M. Isotope-geochemical characteristics of hydrocarbons in the South Caspian Basin. *Energy, Exploration and Exploitation*, Vol. 15, No. 4/5, 1997, pp. 311-368.
- Guliyev I.S., Feyzullayev A.A., Guseynov D.A. Carbon isotopic composition of the hydrocarbon fluids of the South Caspian Megadepression. *Geochemistry International*, Vol. 39, No. 3, 2001, pp. 237-243.
- Gürgey K. Correlation, alteration, and origin of hydrocarbons in the GCA, Bahar, and Gum Adasi fields, western South Caspian Basin: geochemical and multivariate statistical assessments. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 20, No. 10, 2003, pp. 1119-1139.
- Hovland M., Ruesletten H., Liffseth H., Fichler C., Johnsen H. Mud volcanoes – A result of supercritical water formation at depth? *Proceedings of AAPG/GSTT Hedberg Conference “Mobile Shale Basins – Genesis, Evolution and Hydrocarbon Systems”*, Trinidad and Tobago, 4-7 June 2006.
- Jackson J., Priestley K., Allen M.B., Berberian M. Active tectonics of the South Caspian Basin. *Geophys. J. Intern.*, Vol. 148, No. 2, 2002, pp. 214-245.
- Jafarov S.A. Inert components (helium, nitrogen, argon isotopes) of gases of the mud volcanoes in Azerbaijan in connection with prospects of gas content and deep sediments. Abstract of the PhD dissertation, Institute of Geology of Azerbaijan Academy of Sciences, Baku, 1985 (in Russian).
- Katz K.J., Richards D., Long D., Lawrence W. A new look at the components of the petroleum system of the South Caspian Basin. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 28, No. 4, 2000, pp. 161-182.
- Kazmin V.G., Verzhbitskii E.V. Age and origin of the South Caspian Basin, *Oceanology*, Vol. 51, No. 1, 2011, pp. 131-140.
- Kerimov V.Yu., Guliyev I.S., Huseynov D.A., Lavrenova E.A., Mustayev R.N., Osipov A.V., Serikova U.S. Forecast of the oil and gas content in regions with complex geological structure. Publishing House “Nedra”. Moscow, 2015, 404 p. (in Russian).
- Kikvadze O.E. Geochemistry of the mud volcanic fluids of the Caucasian region. PhD thesis, Moscow, 2016, 183 p. (in Russian).

- Guliyev I.S., Feyzullayev A.A., Guseynov D.A. Carbon isotopic composition of the hydrocarbon fluids of the South Caspian Megadepression. *Geochemistry International*, Vol. 39, No. 3, 2001, pp. 237-243.
- Gürgey K. Correlation, alteration, and origin of hydrocarbons in the GCA, Bahar, and Gum Adasi fields, western South Caspian Basin: geochemical and multivariate statistical assessments. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 20, No. 10, 2003, pp. 1119-1139.
- Hovland M., Ruesletten H., Liphseth H., Fichler C., Johnsen H. Mud volcanoes – A result of supercritical water formation at depth? Proceedings of AAPG/GSTT Hedberg Conference “Mobile Shale Basins – Genesis, Evolution and Hydrocarbon Systems”, Trinidad and Tobago, 4-7 June 2006.
- Jackson J., Priestley K., Allen M.B., Berberian M. Active tectonics of the South Caspian Basin. *Geophys. J. Intern.*, Vol. 148, No. 2, 2002, pp. 214-245.
- Katz K.J., Richards D., Long D., Lawrence W. A new look at the components of the petroleum system of the South Caspian Basin. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 28, No. 4, 2000, pp. 161-182.
- Kazmin V.G., Verzhbitskii E.V. Age and origin of the South Caspian Basin, *Oceanology*, Vol. 51, No. 1, 2011, pp. 131-140.
- Mazzini A. Mud volcanism: processes and implications. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 26, No. 9, 2009, pp. 1677-1680, DOI:10.1016/j.marpetgeo.2009.05.003
- Nakada R., Takahashi Y., Tsunogai U., Zheng G., Shimizu H. Hattori K. A geochemical study on mud volcanoes in the Junggar Basin, China. *Applied Geochemistry*, Vol. 26, No. 7, 2011, pp. 1065-1076, DOI:10.1016/j.apgeochem.2011.03.011
- Peters K.E. and Moldowan J.M. The Biomarker guide. Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993, 363 p.
- Philip H., Cisternas A., Gvishiani A., Gorshkov A. The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental collision. *Tectonophysics*, Vol. 161, 1989, pp. 1-21.
- Planke S., Svensen H., Hovland M., Banks D.A., Jamtveit B. Mud and fluid migration in active mud volcanoes in Azerbaijan. *Geo-Marine Letters*, Vol. 23, 2003, pp. 258-268, DOI:10.1007/s00367-003-0152-z
- Wavrek D., Collister J., Curtiss D., Quick J., Guliyev I., Feyzullayev A. Novel application of geochemical inversion to derive generation/expulsion kinetic parameters for the South Caspian petroleum system (Azerbaijan). AAPG/ASPG Research Symposium “Oil and gas petroleum Systems in rapidly subsiding basins”. October 6-9 1996. Baku, Azerbaijan.
- Lavrushin V.Yu., Guliyev I.S., Kikvadze O.E., Aliyev Ad.A., Pokrovskiy B.G., Polyak B.G. Waters from mud volcanoes of Azerbaijan: isotopic-geochemical properties and generation environments. *Lithology and Mineral Resources*, No. 1, 2015, pp. 3-29 (in Russian).
- Lavrushin V.Yu., Polyak B.G., Prasolov E.M., Kamenskiy I.L. Sources of matter in the mud volcanism products (by isotopic, hydrochemical and geological data). *Lithology and Mineral Resources*, No. 6, 1996, pp. 625-647 (in Russian).
- Mazzini A. Mud volcanism: processes and implications. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 26, No. 9, 2009, pp. 1677-1680, DOI:10.1016/j.marpetgeo.2009.05.003
- Mustayev R.N. Conditions of forming and forecast of oil and gas content of the western side of the South-Caspian depression. PhD thesis. Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, 2013, 123 p. (in Russian).
- Nakada R., Takahashi Y., Tsunogai U., Zheng G., Shimizu H. Hattori K. A geochemical study on mud volcanoes in the Junggar Basin, China. *Applied Geochemistry*, Vol. 26, No. 7, 2011, pp. 1065-1076, DOI:10.1016/j.apgeochem.2011.03.011
- Peters K.E. and Moldowan J.M. The Biomarker guide. Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993, 363 p.
- Philip H., Cisternas A., Gvishiani A., Gorshkov A. The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental collision. *Tectonophysics*, Vol. 161, 1989, pp. 1-21.
- Planke S., Svensen H., Hovland M., Banks D.A., Jamtveit B. Mud and fluid migration in active mud volcanoes in Azerbaijan. *Geo-Marine Letters*, Vol. 23, 2003, pp. 258-268, DOI:10.1007/s00367-003-0152-z
- Prasolov E.M. Isotopic geochemistry and origin of the natural gases. Nedra. Leningrad, 1990, 283 p. (in Russian).
- Prasolov E.M., Lobkov V.A. Regarding the conditions of formation and migration of the methane (by isotopic composition of the carbon). *Geochemistry*, No. 1, 1977, pp. 122-135 (in Russian).
- Valyayev B.M., Grinchenko Yu.I., Erokhin V.E., Prokhorov V.S., Titkov G.A. Isotopic appearance of gases of the mud volcanoes. *Lithology and Mineral Resources*, No. 1, 1985, pp. 72-87 (in Russian).
- Wavrek D., Collister J., Curtiss D., Quick J., Guliyev I., Feyzullayev A. Novel application of geochemical inversion to derive generation/expulsion kinetic parameters for the South Caspian petroleum system (Azerbaijan). AAPG/ASPG Research Symposium “Oil and gas petroleum Systems in rapidly subsiding basins”. October 6-9 1996. Baku, Azerbaijan.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА В СВЯЗИ С НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬЮ ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Фейзуллаев А.А.^{1,2}, Гусейнов Д.А.¹, Рашидов Т.М.¹

¹Институт геологии и геофизики НАНА

AZ1143, г. Баку, просп. Г.Джавида, 119: fakper@gmail.com

²Институт нефти и газа НАН Азербайджана

AZ 1000, Баку, Азербайджан, ул. Ф.Амирова, 9

Резюме. В настоящее время основные мировые приросты углеводородов (УВ) связаны с эффективностью извлечения УВ из разрабатываемых месторождений и поисковыми работами на новых территориях. При этом наиболее эффективным является поиск УВ в глубокопогруженных отложениях эксплуатируемых нефтедобывающих районов, что, в свою очередь, связано с определенными инженерными и финансовыми рисками. С этой точки зрения грязевые вулканы Южно-Каспийского бассейна могут сыграть роль естественных глубоких скважин и носителей ценной информации о процессах, происходящих на больших глубинах.

В данной статье обобщены результаты ранее выполненных и новых исследований изотопного состава продуктов деятельности (породы-выбросы, газ, нефть, вода) грязевых вулканов ЮКБ с целью прогноза нефтегазоносности и фазового состояния УВ на недоступных бурением глубинах, а также минимизации экономического и технологического риска бурения дорогостоящих глубоких скважин. Были использованы следующие методы: пиролиз пород, масс-спектрометрический и хромато-масс-спектрометрический анализ органического вещества (ОВ), нефтей и газов. Показано, что положение в разрезе

очагов генерации нефти и газа грязевых вулканов и месторождений соответствует общепринятой вертикальной зональности нефтегазообразования и имеет единый генетический источник. От суши в сторону центральной глубоководной части ЮКБ отмечается увеличение мощности пород, при этом зрелость нефтей и газов увеличивается, сопровождаясь сменой фазового состояния УВ от нефтяных, к нефтегазовым и газоконденсатным. В глубоководной части ЮКБ прогнозируются исключительно газоконденсатные скопления. Нижний предел температуры их генерации оценивается примерно в 300°C, что соответствует интервалу глубин от 8 до 16 км.

Ключевые слова: Южно-Каспийский бассейн, грязевые вулканы, породы-выбросы, флюиды, изотопный состав, большие глубины, прогноз нефтегазоносности

DƏRİN ÇÖKÜNTÜLƏRİN NEFT-QAZLILIĞI İLƏ ƏLAQƏDAR CƏNUBİ XƏZƏR HÖVZƏSİNİN PALÇIQ VULKANLARININ FƏALİYYƏT MƏHSULLARININ İZOTOP TƏRKİBİ

Feyzullayev A.A.^{1,2}, Hüseynov D.A.¹, Rəşidov T.M.¹

¹AMEA-nın Geologiya və Geofizika İnstitutu
AZ1143, Bakı şəh., H.Cavid prosf., 119: fakper@gmail.com

²AMEA-nın Neft və Gaz İnstitutu
AZ1000, Bakı şəh., F.Əmirov küç., 9

Xülasə. Hal-hazırda dünya üzrə karbohidrogenin (KH) əsas artımı iştismar yataqlarından KH effektiv çıxarılmasından və yeni ərazilərdə axtarış işlərinin aparılmasından asılıdır. Ən effektiv KH axtarışı iştismarda olan neft hasilat rayonlarının dərinliklərdə olur, bu da öz növbəsində mühəndislik və maliyyə riskləri ilə bağlıdır. Bu baxımdan Cənubi-Xəzər hövzəsinin (CXH) palçıq vulkanları (PV) dərin təbii quyuların və böyük dərinliklərdə baş verən proseslər haqqında qiymətli məlumat daşıyıcısı rolunu oynaya bilər.

Məqalədə Cənubi-Xəzər hövzəsinin palçıq vulkanlarının fəaliyyət məhsullarının (süxur-tullantılar, qaz, neft, su) izotop tərkibinin əvvəllər aparılmış və yeni tədqiqatların nəticələri ümumiləşdirilmişdir. Məqsəd – əlçatmaz dərinliklərdə neftin və qazın tərkibini və karbohidrogenlərin faza vəziyyətini, habelə bahalı dərin quyuların qazılmasının iqtisadi və texnoloji riskini minimuma endirmək (aşağıdakı üsullardan: süxurların pirolizi, orqanik maddə, neft və qaz mass-spektrometrik və xromato-mass-spektrometrik təhlildən istifadə olunub). Müəyyən edilmişdir ki, PV-ın və yataqlarının neftin və qazın generasiyasının mənbələrinin kəsilişdə ümumi qəbul edilmiş KH-ın şaquli əmələ gəlmə zonallığına uyğundur və vahid genetik mənbəyə malikdir. Qurudan CXH -nin mərkəzi dərinsulu hissəsinə tərəf süxurların qalınlığı qeyd olunur və bununla yanaşı neft və qazların yetkinliyi artır, KH-in faza halı neftdən, neft-qaza və qaz-kondensatına dəyişməsi ilə müşayiət olunur. CXH -nin dərinsulu hissəsində yalnız qaz kondensatının yığılmaları proqnozlaşdırılır. Onların əmələ gəlməsi üçün aşağı temperatur həddi təxminən 300 °C səviyyəsində qiymətləndirilir ki, bu da təxminən 8-dən 16 km qədər dərinliyə uyğundur.

Açar sözlər: Cənubi Xəzər hövzəsi, palçıq vulkanları, süxur-tullantılar, flüidlər, izotop tərkibi, böyük dərinliklər, neft-qazlığın proqnozu