

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

# ГЕОХИМИЯ

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

МОСКВА

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ИСТОЧНИКИ ФЛЮИДОВ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА В СВЕТЕ НОВЫХ ДАННЫХ ПО ИЗОТОПИИ С, Н И О

© 2004 г. И. С. Гулиев, Д. А. Гусейнов, А. А. Фейзуллаев

*Институт геологии Национальной Академии Наук Азербайджана*

*370143 Баку, просп. Джавида, 29-А, e-mail: d\_huseynov@yahoo.com*

Поступила в редакцию 18.06.2002 г.

Южно-Каспийский бассейн (ЮКБ) уникальный регион Земного шара, где наряду с гигантскими нефтяными и нефтегазо-конденсатными месторождениями широко распространены углеводородные проявления в форме грязевых нефтегазовых вулканов. Почти все разрабатываемые месторождения УВ ЮКБ сопровождаются грязевыми нефтегазо-проявлениями, подтверждая теснейшую связь грязевых вулканов с залежами нефти и газа. Грязевые вулканы уходят своими корнями на значительные глубины, проникают в зоны нефте-газообразования и являются естественными каналами миграции флюидов в верхние структурные этажи.

Грязевой вулканизм представляет один из интереснейших и необычных явлений природы с периодическим извержением огромных количеств различных газов (в основном углеводородных) и продуктов твердой фазы – глинистой массы с включениями обломков пород размером от мелких зерен до глыб в несколько метров. В периоды спокойной – грифонно-сопочной деятельности они выделяют грязь, воду, газ и нефть. При этом соотношение и дебиты последних на различных грязевых вулканах различны.

Согласно петрографическим и палеонтологическим исследованиям пород-выбросов и брекчии грязевых вулканов, возраст их изменяется в широком интервале от мелового до плиоценового. Это существенно затрудняет определение стратиграфической и глубинной приуроченности очага углеводородных флюидов, выделяемых грязевыми вулканами.

Разрешение указанной проблемы представляется возможным на основе изотопно-геохимических исследований флюидов, выделяемых грязевыми вулканами с учетом ранее выявленных для нефтегазовых месторождений ЮКБ важнейших изотопно-геохимических закономерностей.

Грязевые вулканы ЮКБ тесно связаны с тектоническими процессами, происходящими в Южно-Каспийском осадочно-породном бассейне и обрамляющих его горно-складчатых системах

Большого и Малого Кавказа. Все эти мегаструктуры имеют глыбово-блоковое строение доальпийского фундамента, ступенчато погружающегося к центру впадины. Унаследованные разрывы верхних структурных этажей определяют расположение грязевых вулканов и приразломных складчатых структур (рис. 1). Тектоническое оживление глубинных разломов является предпосылкой для стремительного извержения находящихся под большим давлением в очаге углеводородных газов и пробуждения грязевого вулкана. Вместе с тем тектонические подвижки вдоль разломов провоцируют скачкообразное колебание дна Каспийского моря, являясь причиной его временной корреляции со вспышками грязевулканической деятельности. Наибольшая плотность грязевых вулканов ЮКБ отмечается в наиболее сейсмоактивной Шемаха-Гобустанской зоне (рис. 1). Каждый год в этом регионе фиксируются десятки землетрясений различной магнитуды. Важно подчеркнуть, что землетрясения являются мелкофокусными с гипоцентрами до 20 км. Начало крупных грязевулканических извержений в связи с мощнейшими сейсмо-тектоническими процессами в Южно-Каспийском регионе наблюдалось неоднократно.

### ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Фактическим материалом для исследования явились газы, нефти и воды грязевых вулканов Абшеронского, Шемаха-Гобустанского и Нижнекуринского нефтегазоносных районов, Бакинского архипелага и Западной Туркмении.

Исследование стабильных изотопов углерода нефтей произведено по 25, углеводородных газов и углекислого газа – по 80, водорода и кислорода воды – 45 вулканам. Для сравнения привлечены аналитические данные по изотопам углерода нефтей и газов 38 месторождений вышеназванных районов. По результатам определений построены и проинтерпретированы графики и гistogramмы распределения значений изотопных соотношений.

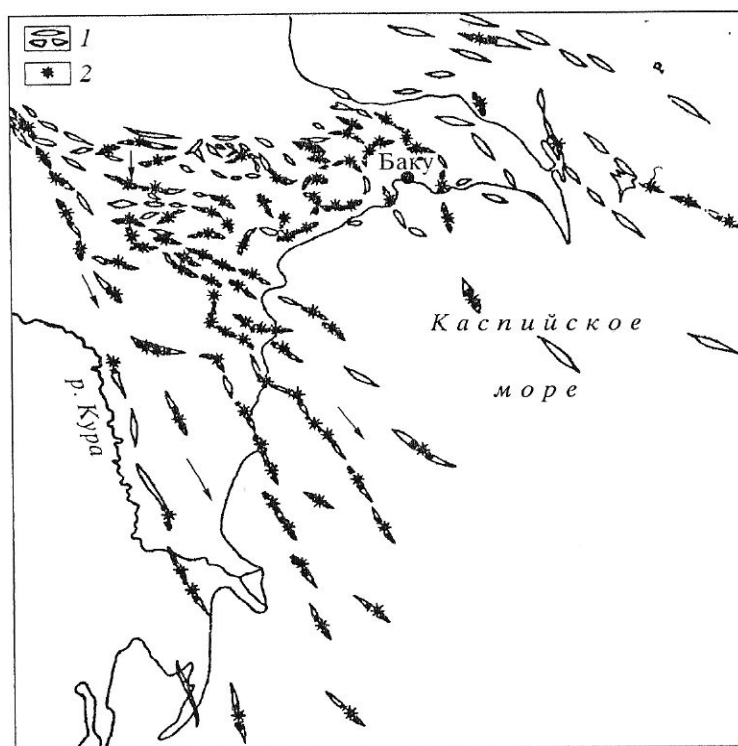


Рис. 1. Схема расположения грязевых вулканов и нефтегазоносных складчатых структур западного фланга ЮКБ: 1 – складчатые структуры, 2 – грязевые вулканы.

Для исследований наряду с новейшими аналитическими данными авторов статьи также использованы результаты из опубликованных работ [1–8].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Газы грязевых вулканов имеют углеводородный состав и главным образом состоят из метана ( $\text{CH}_4$ ) (79–98%), небольшой примеси этана ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) и других неуглеводородных газов –  $\text{CO}_2$  (0.54–10.3%),  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Ar}$  и  $\text{He}$ . Изотопный состав углерода (ИСУ) метана варьирует от  $-61\text{‰}$  до  $-36\text{‰}$ . Примерно в 75% вулканов ИСУ метана составляет от  $-50\text{‰}$  до  $-40\text{‰}$ , что соответствует средней стадии зрелости метана. Для 15% вулканов характерен метан с тяжелым ИСУ (от  $-40\text{‰}$  до  $-36\text{‰}$ ), свойственный метану поздней стадии зрелости (рис. 2а). В целом по изотопному составу метана наблюдается отчетливая зональность в пространственном распределении грязевых вулканов (рис. 3). Наиболее изотопно тяжелые, а следовательно катагенетически зрелые газы типичны для вулканов Шемаха-Гобустанской зоны (в среднем  $\delta^{13}\text{C} = -40\text{‰}$ , при содержании жирных газов 0.1%). В сторону Нижнекуринской и Южнокаспийской впадины изотопный состав углерода метана существенно

облегчается (в среднем  $\delta^{13}\text{C} = -47\text{‰}$ , при содержании жирных газов 2.1%), соответствуя по степени зрелости ранней и средней стадии катагенеза продуцирующего его органического вещества. Такая зональность связана с различными геологическими условиями формирования и сохранения УВ газов в осадочной толще. Неглубокое залегание и обнажение на обширной территории Шемаха-Гобустанской зоны нефтегазопроизводящих мезозой-палеогеновых отложений, высокая степень их нарушенности и сейсмическая активность этой зоны являются причиной потери молодых незрелых газов. Раскрытость и интенсивная дегазация отложений в этой зоне подтверждается широким распространением проявлений углеводородов, тогда как значительные скопления последних отсутствуют.

Мезозойский и палеоген-миоценовый комплекс Нижнекуринского прогиба перекрыт мощной толщей (до 6 км) плиоцен-четвертичных отложений. Здесь значительно меньше грязевых вулканов и ниже частота их извержений в сравнении с Шемаха-Гобустанской зоной. Малое число естественных нефтегазопроявлений и наличие крупных нефтегазоносных скоплений в резервуарах плиоцен-четвертичного комплекса свиде-

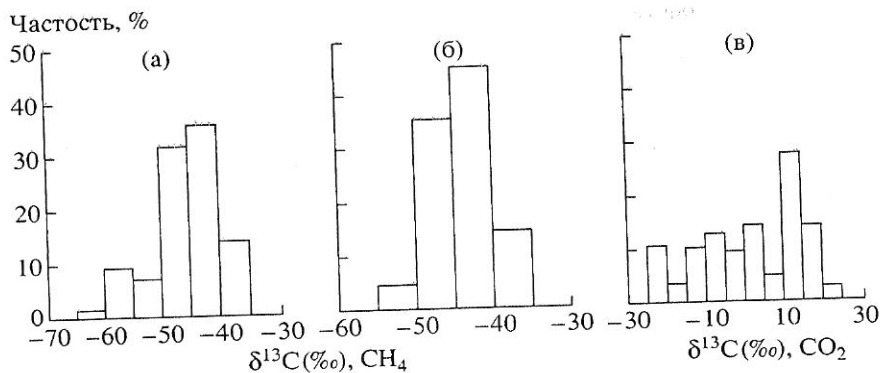


Рис. 2. Распределение  $\delta^{13}\text{C}$  метана в грязевых вулканах (а), нефтегазовых месторождениях (б) и  $\delta^{13}\text{C}$  углекислоты газов грязевых вулканов (в) ЮКБ.

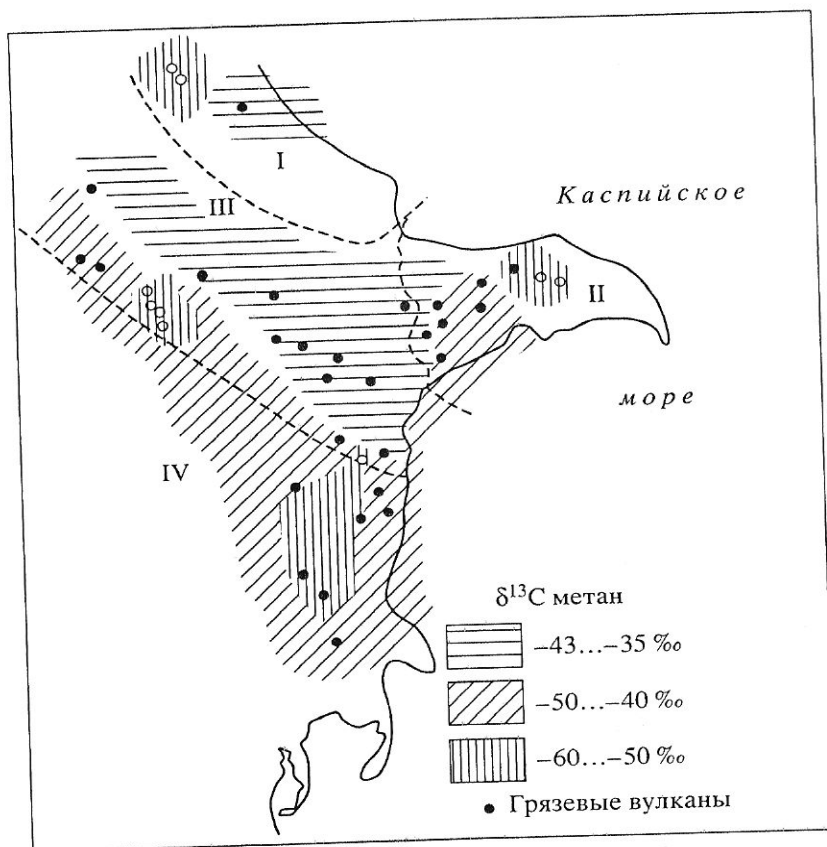


Рис. 3. Зональность распределения изотопного состава углерода метана в грязевых вулканах западного борта ЮКБ [5]. Нефтегазоносные районы (прогибы): I – Прикаспийско-Губинский; II – Абшеронский; III – Шемаха-Гобустанский; IV – Нижнекуруинский.

тельствуют о хорошей сохранности УВ и низкой дегазации отложений.

Изучение ИСУ  $\text{CO}_2$  газов грязевых вулканов выявило его вариацию в очень широких пределах: от  $-49\text{‰}$  до  $+25\text{‰}$ , что указывает на присутствие  $\text{CO}_2$  различного генезиса: метаморфоген-

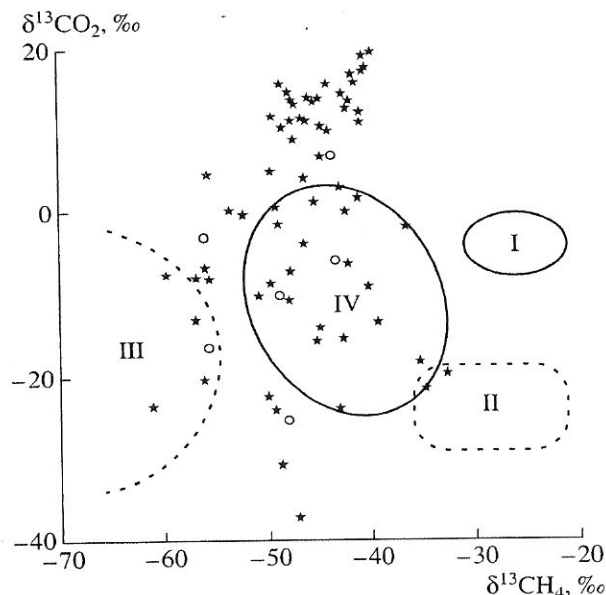
ного (от  $+8\text{‰}$  до  $-4\text{‰}$ ), термокаталитического (от  $-16\text{‰}$  до  $+2\text{‰}$ ), биохимического ( $<-16\text{‰}$ ), гидротермального (от  $-7\text{‰}$  до  $0\text{‰}$ ) (рис. 4)  $\delta^{13}\text{CCH}_4$ – $\delta^{13}\text{CCO}_2$ ). Главный максимум охватывает интервал от  $+16\text{‰}$  до  $+10\text{‰}$ , соответствующий ультратяжелым  $\delta^{13}\text{CCO}_2$ , а побочные от  $+2\text{‰}$  и от

–6‰ до –10‰ (рис. 2в). Естественно, особый интерес имеют вулканы со сверхтяжелым ИСУ  $\text{CO}_2$  ( $\delta^{13}\text{C} > +8‰$ ), на долю которых приходится около половины всех изученных объектов. Источник такого  $\text{CO}_2$  на грязевых вулканах оставался невыясненным. Как показали наши исследования ИСУ газов нефтегазовых месторождений западного борта ЮКБ, сверхтяжелый по ИСУ  $\text{CO}_2$  свойственен газам месторождений, где нефтяные залежи локализованы на незначительных глубинах, температура пласта не достигает  $70^\circ\text{C}$ , а нефти в значительной степени окислены и биодegradированы. В газах этих месторождений наблюдается положительная корреляция между  $\delta^{13}\text{C}$  углекислоты и общим содержанием  $\text{CO}_2$ . Общеизвестно, что окисление жидких углеводородов сопровождается обильным выделением новообразованного  $\text{CO}_2$ , а опыт изучения ИСУ такого  $\text{CO}_2$  показывает его ультратяжелость [9].

Надо подчеркнуть, что в газах грязевых вулканов так же, как в газах месторождений, наблюдается взаимосвязь между  $\delta^{13}\text{C}$  углекислоты и общим содержанием  $\text{CO}_2$ . Таким образом, наличие сверхтяжелого по ИСУ  $\text{CO}_2$  в газах грязевых вулканов позволяет утверждать о присутствии в разрезе грязевулканических структур скоплений жидких УВ, подвергающихся интенсивной бактериально-окислительной деструкции. Следует подчеркнуть, что важность выявленной изотопно-геохимической закономерности ограничивается не только идентификацией грязевых вулканов, но может быть успешно применена в условиях ЮКБ как надежный геохимический индикатор при поисках скрытых скоплений жидких углеводородов.

Нефти грязевых вулканов в сильной степени окислены и биодegradированы. Изотопный состав углерода в нефтях изменяется от –28,5‰ до –25,4‰ (в насыщенной фракции). На основании выявленной в нефтях разновозрастных резервуаров ЮКБ изотопной метки удалось определить вклад различных стратиграфических комплексов в формировании нефтяных залежей [10, 11]. Нефти, генерированные палеоген-нижнемиоценовым (эоцен, майкоп, чокрак) комплексом, изотопно легкие ( $\delta^{13}\text{C} = -28,5‰-27‰$ ), тогда как средне- и верхнемиоценовые (диатомовые) нефти – изотопно тяжелые ( $\delta^{13}\text{C} > -24,5‰$ ) (рис. 5).

Изотопно-геохимические исследования нефтей нефтепроявлений, ассоциирующиеся с грязевыми вулканами, показывают, что здесь выделяются нефти с типичной палеоген-нижнемиоценовой изотопной меткой углерода, а также нефти, являющиеся смесью нефтей, продуцированных палеоген-нижнемиоценовым и диатомовым комплексами отложений. Весьма примечательно, что нефти с типично диатомовой изотопной меткой практически не были выявлены.



- \* Газы грязевых вулканов западного борта ЮКБ
- o Газы грязевых вулканов восточного борта ЮКБ
- Границы полей групп природных газов:
- I – Гидротермальные газы
- II – Термометаморфические (пиролиз ОВ) газы
- III – Почвенные и болотные газы
- IV – Газы нефтяных месторождений (глубины > 1000 м)

Рис. 4. Соотношение изотопного состава углерода метана и углекислого газа в газах грязевых вулканов ЮКБ.

Около 50% грязевых вулканов выделяют исключительно палеоген-нижнемиоценовые нефти. В 17% грязевых вулканов характерными являются нефти преимущественно из диатомового комплекса отложений, а в 33% отмечается смесь, состоящая из примерно одинакового долевого участия нефтей из палеоген-нижнемиоценового и диатомового комплексов (рис. 6).

Заслуживает внимания закономерное пространственное расположение грязевулканических нефтепроявлений, согласно которому объекты с преимущественно диатомовой составляющей в нефтях обособляются в крайне отдаленной северо-западной части ЮКБ, зоне сопряжения Нижнекуринского и Шемаха-Гобустанского прогибов (рис. 7). В тектоническом отношении границей этих структур является глубинный Аджичай-Алятский разлом, по которому палеоген-нижнемиоценовые отложения юго-западного борта Шемаха-Гобустанской тектонической ступени надвинуты на средне-верхнемиоценовые и плиоценовые комплексы северо-восточной части Нижнекуринской ступени. Идентичность изотопно-геохимического состава углерода нефтей в надвинутой пластине и перекрытой ступени указывает на то, что

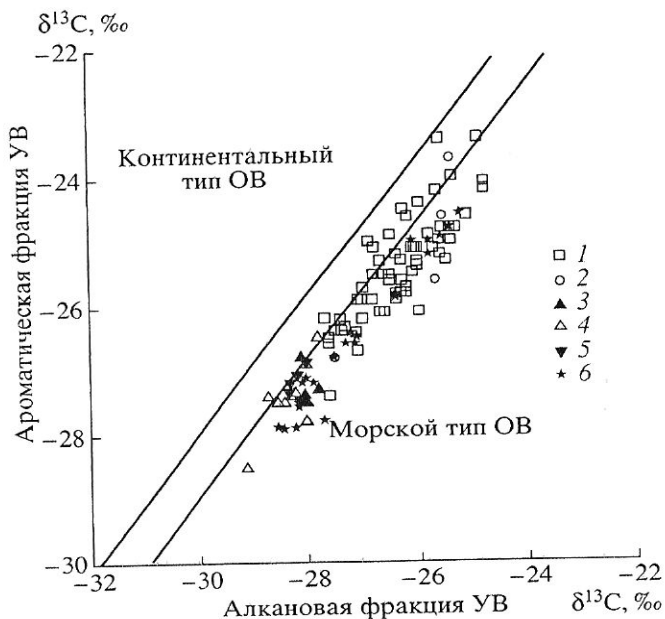


Рис. 5. Изотопно-геохимическая корреляция нефтей разновозрастных резервуаров и грязевых вулканов ЮКБ. Условные обозначения: 1–5 – нефти из резервуаров (1 – плиоценового, 2 – диатомового, 3 – майкопского и чокракского, 4 – эоценового, 5 – верхнемелового комплексов), 6 – нефти грязевых вулканов.

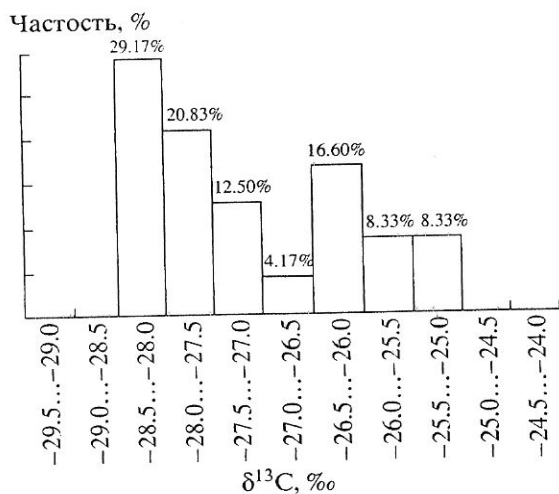


Рис. 6. Частоты распределения  $\delta^{13}\text{C}$  в нефтях грязевых вулканов ЮКБ.

питающий грязевые вулканы нефтяной очаг находится в пределах, главным образом, диатомового комплекса Нижнекуринской впадины. Данный вывод находит свое подтверждение и в одинаковой наиболее низкой степени зрелости

нефтей этой группы грязевулканических проявлений и нефтей северной части Нижнекуринской впадины (Каламадын, Малый Харамы).

Воды, связанные с грязевыми вулканами ЮКБ, включая грязевые вулканы восточного борта, слабо минерализованные, в основном гидрокарбонатно-натриевые. По изотопному составу водорода и кислорода воды абсолютно всех грязевых вулканов существенно отличаются от пластовых вод нефтегазовых месторождений и характеризуются обогащенностью дейтерием ( $\delta\text{D}$ ) и  $\delta^{18}\text{O}$  до  $+3\text{‰}$  и  $+11.2\text{‰}$  соответственно (рис. 8). Анализ закономерностей распределения показывает, что большая часть значений лежит для  $\delta^{18}\text{O}$  в интервале  $4\text{‰} \dots 10\text{‰}$ , а для  $\delta\text{D}$  –  $-30\text{‰} \dots 0\text{‰}$ .

По изотопным характеристикам воды грязевых вулканов сильно соответствуют дегидратационно-метаморфогенному и конденсатному генетическим типам [6, 12, 13]. По-нашему мнению, обогащенность  $\delta\text{D}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  можно также объяснить явлением подземного испарения, связанного с многократными (тысячекратными и более за геологическую историю) грязевулканическими извержениями с выбросом углеводородно-паровой изотопно-облегченной смеси, в результате которых в очаге накапливаются изотопно-тяжелые воды.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Вариация возраста пород-выбросов и брекчии в широком интервале от мелового до плиоценового сильно затрудняет определение стратиграфической и глубинной приуроченности очага углеводородных флюидов, выделяемых грязевыми вулканами. Определенную помощь в этом могут оказать количественные расчеты, базирующиеся на экспериментально выявленной зависимости между ИСУ газов и уровнем их катагенной зрелости ( $R_o$ ) [14]. Опираясь на эту зависимость, а также данные отражательной способности витринита ( $R_o$ ) в исследуемом регионе можно оценить гипсометрическую глубину расположения очага изучаемого газа, и в частности газа конкретного грязевого вулкана. В то же время, исходя из глубинного строения района приуроченности этого вулкана, представляется возможным оценить стратиграфическую глубину его очага.

Для определения этим методом гипсометрической и стратиграфической глубины очага газов грязевых вулканов нами использовалась зависимость между ИСУ этана и  $R_o$  ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{C}_2\text{H}_6(\text{‰})} = 22.6 \lg R_o (\%) - 32.2$  (Faber, 1987).

Количественные расчеты, основанные на этой зависимости, показывают, что зрелость этана грязевых вулканов, расположенных в различных частях западного борта Южно-Каспийского бассейна, составляет  $1.3\text{--}1.79\%$  ( $R_o$ ). Исходя из заме-

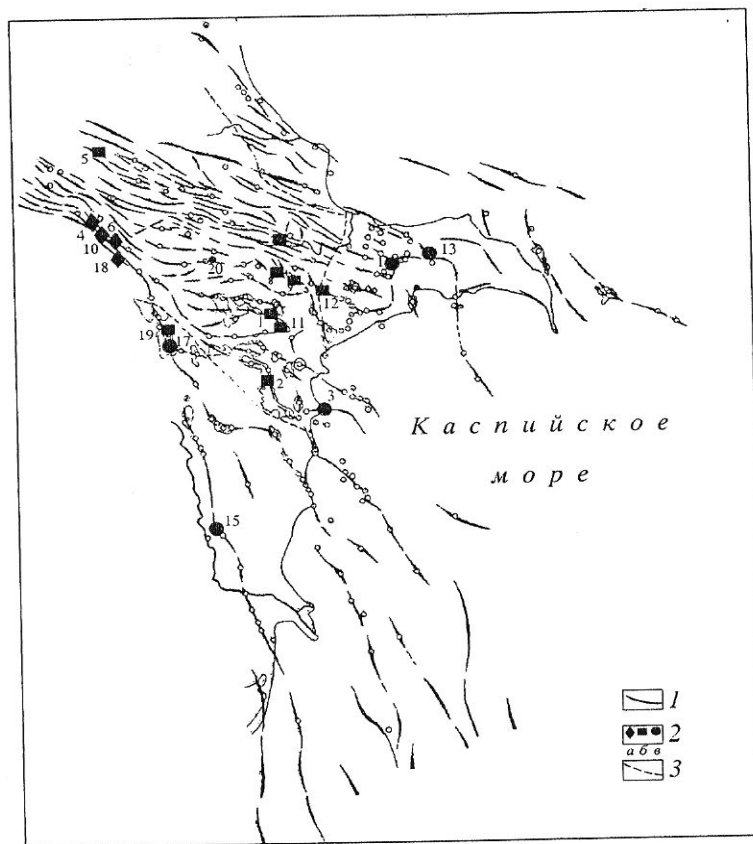


Рис. 7. Пространственное распределение грязевых вулканов ЮКБ по изотопной метке углерода нефтей. 1 – антиклинальные структуры; 2 – грязевые вулканы, выделяющие нефти с: (а) – диатомовой изотопной меткой; (б) – палеогеновой изотопной меткой; (в) – состоящих из смеси палеогеновых и диатомовых нефтей; 3 – границы между нефтегазоносными районами.

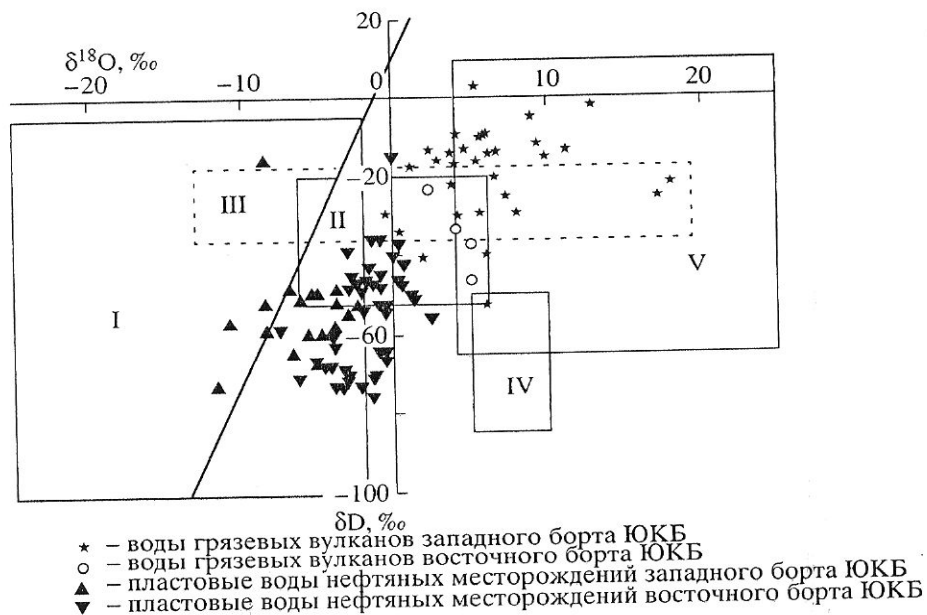


Рис. 8. Соотношение изотопов водорода и кислорода в водах грязевых вулканов и нефтегазовых месторождений ЮКБ. Поля типов вод: I – метеорные; II – океанические; III – конденсатных месторождений; IV – магматогенные; V – дегидратационные и метаморфогенные.

ров  $R_0$  в ЮКБ до глубины 6100 м и экстраполяции ее значений до глубоководных горизонтов, гипсометрическая глубина приуроченности этана изучаемых грязевых вулканов в исследуемом регионе находится в пределах 6–8 км. Эти глубины в северной и северо-западной бортовых частях впадины соответствуют юрско-меловому комплексу отложений. В центральной более погруженной части бассейна (юго-восточный Гобустан) очаг образования этана расположен на глубинах, соответствующих палеоген-миоценовому комплексу. В этой связи весьма ценны результаты изучения газогидратов, образующих значительные скопления в донных осадках и грязевулканической брекчии глубоководной части Каспийского моря [8]. Визуально содержание газогидратов в породе варьирует от 2–3% до 25–30% от объема колонки керна. Химический состав газов гидратов представлен метаном (58.7–87.8%), этаном (10.4–19.4%), пропаном (1.6–15.8%), бутаном (0.4–2.68%), пентаном (0.00–0.68%).

Изотопный состав углерода метана газогидратов варьирует от –44.8‰ до –55.3‰, а этана от –28.4‰ до –25.7‰. Расчетная зрелость этана, вычисленная по зависимости  $\delta^{13}C_{C_2H_6} - R_0$  составляет 1.47–1.94%, что соответствует глубинам более 10 км и стратиграфической приуроченности очагов генерации газов к миоцен-палеогеновым отложениям [15].

Следует подчеркнуть, что полученные результаты находят свое закономерное подтверждение и в соотношении инертных компонентов ( $He/Ar_r$ ) в газах грязевых вулканов. Максимальные величины  $He/Ar_r$ , равные 2.5, крайне характерные для мезозойского структурного этажа, установлены в газах грязевулканических нефтепроявлений отдаленных северной и северо-западной зон ЮКВ, приуроченных к меловым отложениям. В грязевых вулканах, выделяющих изотопно-легкие нефти с палеоген-нижнемиоценовой изотопной меткой,  $He/Ar_r$  отношение составляет 0.5, что также свойственно газам, генерируемым в данном комплексе отложений. Газы вулканов с изотопно-тяжелыми диатомовыми нефтями характеризуются  $He/Ar_r = 0.13–0.17$ .

Оценка зрелости нефтей грязевулканических проявлений по эквиваленту отражательной способности витринита ( $R_0$ ), вычисленной по степени ароматизации стерана ( $C_{28} \text{ triaromatic}/C_{28} \text{ triaromatic} + C_{29} \text{ monoaromatic}$ ) показывает невысокий уровень их превращенности ( $R_0 = 0.46–0.64\%$ ) [16].

Таким образом, различный уровень зрелости УВ газов и нефтей грязевых вулканов показывает, что очаги нефти- и газообразования смещены относительно друг друга и приурочены к различным гипсометрическим и стратиграфическим уровням.

Несколько сложнее определить глубины формирования водных флюидов. Детальным изучением свойств пород кайнозойских отложений Южно-Каспийского бассейна установлено, что для относительно молодых нижнеплиоценовых отложений Нижнекуруинской впадины и Бакинского архипелага характерно отсутствие заметных катагенетических преобразований глинистых минералов, несмотря на большие глубины залегания. В них без заметного катагенетического изменения на глубинах, превышающих 6000 м, сохраняется высокодисперсный набухающий минерал – монтмориллонит [17]. Глинистые породы прошли лишь стадию протогенеза и местами подстацию  $MK_1$  и  $MK_2$  мезокатагенеза. Из этого следует, что глинистая толща еще не реализовала и сохраняет потенциал генерации дегидратационных вод. Известно, что интенсивная дегидратация глин, связанная с высвобождением межслоевой воды, происходит при переходе монтмориллонита в гидрослюду. Эта трансформация происходит при температуре 120–150°C, которая при нормальном геотермическом градиенте (3°C/100 м) соответствует условиям глубин 4–5 км [18, 19–21]. В условиях ЮКБ, в частности в Нижнекуруинской впадине и Бакинском архипелаге, из-за аномально низких значений геотермического градиента (1.3–1.7°C/100 м) данный процесс сильно замедлен. Здесь на глубине 6000 метров температура не превышает 100–110°C. Следовательно, при среднем градиенте 1.5°C/100 м температурные условия для перехода монтмориллонита в гидрослюду и формирования изотопно-тяжелых водных флюидов могут быть достигнуты на глубинах 9–10 км и более. Это согласуется с результатами геофизических исследований (корреляционный метод преломленных волн и глубинное сейсмическое зондирование), согласно которым в разрезе Южно-Каспийской впадины на глубине 8–12 км прослеживаются региональные зоны сильно разуплотненных глинистых пород [22]. Надо полагать, что именно этим интервалам соответствуют области гидрослюдизации монтмориллонитовых компонентов глин, образование аномально-высоких пластовых и поровых давлений и сопряженных с ними тектур палеоплывунов и гидроинъекций.

Формирование метаморфогенных водных растворов при таком термальном режиме недр Южно-Каспийской впадины следует предполагать в интервалах глубин 20–25 км, где температура должна достигать 250°C.

В северо-западной и северной прибортовых частях бассейна в пределах Шемаха-Гобустанской и Абшеронской зон геотермический градиент несколько выше (2–2.2°/100 м), поэтому очаги генерации дегидратационных и метаморфогенных водных флюидов здесь имеют несколько меньшую гипсометрическую приуроченность от-



носителем осевой и глубокопогруженной частями впадины.

Таким образом, вышеизложенное свидетельствует о существовании в ЮКБ нескольких стратиграфически и гипсометрически обособленных очагов образования флюидов в мезозойских, палеоген-нижнемиоценовых и диатомовых отложениях. Это значит, что в условиях ЮКБ с мощностью осадочного выполнения, достигающего 25–30 км, и низким геотермическим градиентом следует ожидать чрезвычайно растянутый интервал флюидогенерации. В действительности, как показывают модельные построения для наиболее погруженной части Южно-Каспийской впадины – участок Зафар-Машал – Алов, зона нефтегазообразования “растянута” на 8–10 км с верхней границей 10 км и нижней – 18–20 км [23, 24]. Наличие столь мощной зоны “нефтяного” и “газового” окна в центральной части Южно-Каспийской впадины позволяет прогнозировать вовлечение в зону углеводородообразования целого комплекса отложений различного стратиграфического возраста от мезозойских до низов плиоценовых.

### ВЫВОДЫ

Флюидогенерация в ЮКБ происходит в широком стратиграфическом интервале отложений от мезозойских до низов плиоценовых включительно.

В ЮКБ корни газовых вулканов по изотопным данным расположены на глубине 10–12 км, что совпадает с зонами активной флюидогенерации.

Зоны нефте- и газогенерации смещены по отношению друг к другу. Зона нефтяного окна в самой глубокопогруженной зоне Южно-Каспийской впадины находится в интервале 6–12 км, газового окна – до 18 км. В бортовых частях бассейна зона газового окна располагается в интервале 6–8 км.

Зоны генерации углеводородных газов и водных флюидов гипсометрически и стратиграфически совпадают. Однако нижняя граница зоны генерации водных флюидов находится несколько ниже и охватывает зону генерации термометаморфической углекислоты.

Пространственное совпадение зон газогенерации и водных флюидов (дегидратации глинистых минералов) вкуче с высокой скоростью осадконакопления и погружения впадины привели к перенасыщению глинистых толщ газо-водными флюидами, созданию аномально-высоких поровых и пластовых давлений и формированию “разуплотненных возбужденных” тел.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Валеев Б.М., Гринченко Ю.И., Ерохин В.Е. и др.* Изотопный облик газов грязевых вулканов // *Литология и полезные ископаемые*. 1985. № 1. С. 72–87.
2. *Валеев Б.М., Прохоров В.С., Гринченко Ю.И.* Новые данные об изотопном составе углерода грязевых вулканов юга СССР. В сб.: VII Всесоюзный симпозиум по стабильным изотопам в геохимии. М., 1978. С. 67–69.
3. *Валеев Б.М., Гринченко Ю.И., Прохоров В.С., Титков Г.А.* О зональности изотопного состава углерода газов грязевых вулканов и ее тектоническом контроле // Докл. АН СССР. 1982. Т. 267. № 5. С. 1222–1225.
4. *Дадашев А.А., Зорькин Л.М., Блохина Г.Г.* Новые данные об изотопном составе углерода метана природных газов грязевых вулканов Азербайджана // Докл. АН СССР. 1982. Т. 262. № 2. С. 399–401.
5. *Дадашев А.А., Фейзулаев А.А., Гулиев И.С.* Вертикальная зональность нефтегазообразования по данным изотопного состава углерода метана из грязевых вулканов Азербайджана. Экспресс информация, сер. Нефтегазовая геология и геофизика. 1986. Вып. 6. С. 24–26.
6. *Селецкий Ю.Б.* Дегидратация глин как возможный фактор формирования изотопного состава глубоких подземных вод // *Водные ресурсы*. 1978. № 3. С. 48–153.
7. *Гулиев И.С., Асланов Я.А.* О генезисе подземных вод Южно-Каспийской впадины по данным изотопного анализа кислорода и водорода // *Азербайджанское нефтяное хозяйство*. 1993. № 4. С. 18–23.
8. *Гинзбург Г.Д., Мурадов Ч.С., Дадашев А.А.* Подводногрязевулканический тип скопления газовых гидратов // Докл. АН СССР. 1988. Т. 300. № 2. С. 253–258.
9. *Dimitrakopoulos R., Muehlenbachs K.* Biodegradation of petroleum as a source of  $^{13}\text{C}$ -enriched carbon dioxide in the formation of the carbonate cement // *Chemical Geology (Isotope Geosciences section)*. 1987. V. 65. P. 283–291.
10. *Гулиев И.С., Фейзулаев А.А., Гусейнов Д.А.* Изотопный состав углерода нефтей Южно-Каспийской мегавпадины // *Азербайджанское нефтяное хозяйство*. 1999. № 5.
11. *Гулиев И.С., Фейзулаев А.А., Гусейнов Д.А.* Изотопный состав углерода углеводородных флюидов Южно-Каспийской мегавпадины // *Геохимия*. 2001. № 3. С. 271–278.
12. *Тарасов М.Г.* Изотопная диагностика генезиса глубоководных опресненных вод артезианских бассейнов // *Водные ресурсы*. 1982. № 6. С. 157–162.
13. *Тейлор Х.П.* Применение изотопии кислорода и водорода к проблемам гидротермального изменения вмещающих пород и рудообразования. В кн.: *Стабильные изотопы и проблемы рудообразования*. М., 1977. С. 213–289.
14. *Faber E.Z.* Isotopengeochemie gasformiger Kohlenwasserstoffe: Erdole, Erdgas and Kohle (in German). 1987. V. 103. P. 210–218.
15. *Фейзулаев А.А., Мурадов Ч.С., Дадашев А.А.* Глубина очага образования газов морских грязевулканических газогидратов. Мат. III Международной конференции “Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа”. М.: Изд-во МГУ, 1999. С. 276–277.

16. *Guliyev I.S., Feyzullayev A.A., Huseynov D.A.* Isotope geochemistry of oils from fields and mud volcanoes in the South Caspian Basin, Azerbaijan // *Petroleum Geoscience*. 2001. V. 7. P. 201–209.
17. *Хеиров М.Б.* Катагенез глинистых отложений и прогнозирование АпоВД и АПВД до бурения скважин // *Азербайджанское нефтяное хозяйство*. 1987. № 4. С. 5–10.
18. *Burst J.F.* Diagenesis of Gulf Coast clays sediments and its possible relation to petroleum migration. *Bull. Amer. Assoc. // Petrol. Geol.* 1969. V. 53. № 1. P. 73–93.
19. *Powers M.C.* Adjustment of clays minerals to chemical change and the concept of equilivalence level. – In *Pro. Nat. Conf., Clays and clay minerals*. 1959. 309–326 p.
20. *Холодов В.Н.* Формирование газодных растворов в песчано-глинистых толщах элизилных бассейнов. В кн. *Осадочные бассейны и их нефтегазонасность*. М.: Наука, 1983. С. 28–44.
21. *Блох А.М.* Об универсальности модели обезвоживания осадочных толщ Паурса и Бэрста // *Изв. АН СССР, сер. геол.* 1977. № 6. С. 119–124.
22. *Гулиев И.С., Павленкова Н.И., Раджабов М.М.* Зона регионального разуплотнения в осадочном чехле Южно-Каспийской впадины // *Литология и полезные ископаемые*. 1988. № 5. С. 130–136.
23. *Lerche I., Ali-Zade Ak., Guliev I. et al.* South Caspian Basin: Stratigraphy, Geochemistry and Risk Analysis. Baku: Nafta-Press, 1997. P. 430.
24. *Гулиев И.С., Алиева Э.Г., Гусейнов Д.А.* Глубинные очаги углеводородообразования в Южно-Каспийском нефтегазоносном бассейне. Баку, Труды Института геологии НАН Азербайджана. 2001. № 29. С. 79–99.

Сдано в набор 18.02.2004 г.

Подписано к печати 26.05.2004 г.

Формат бумаги 60 × 88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>

Офсетная печать

Усл. печ. л. 14.0

Усл. кр.-отт. 3.7 тыс.

Уч.-изд. л. 14.1

Бум. л. 7.0

Тираж 262 экз.

Зак. 8426

Учредители: Российская академия наук,  
Институт геохимии им. В.И. Вернадского РАН

Адрес издателя: 117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

Оригинал-макет подготовлен МАИК "Наука/Интерпериодика"

Отпечатано в ППП "Типография "Наука", 121099, Москва, Шубинский пер., 6