

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© Ф.Г.Дадашев, С.А.Джафаров, А.Я.Кабулова, Э.Ф.Алекперов, 2008

**ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ ИЗОТОПОВ ГЕЛИЯ
В ПРИРОДНЫХ ГАЗАХ АЗЕРБАЙДЖАНА**

Ф.Г.Дадашев, С.А.Джафаров, А.Я.Кабулова, Э.Ф.Алекперов

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

^3He в земной коре образуется в 10^8 раз меньше, чем ^4He . Основным поставщиком ^3He является мантия, которая сохраняет первичный гелий. Поэтому отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ в газах свидетельствует о существовании флюидопроводящих зон из магматических очагов. В Азербайджане такими зонами являются минеральные источники Нахчывана, Кяльбаджар, Талыша и грязевые вулканы Ахтала, Восточная Килла-Купра Восточной Грузии.

На основе данных отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$, используя приемы математической статистики, идентифицированы газы изученных регионов и выделены регионы, флюиды которых по отношению $^3\text{He}/^4\text{He}$ считаются сходными или несходными.

В результате корреляционного анализа между тепловым потоком и отношением $^3\text{He}/^4\text{He}$ выявлена положительная связь. В шести исследованных регионах измерен тепловой поток, из коих для пяти наблюдается положительная корреляционная связь между отношением $^3\text{He}/^4\text{He}$ и тепловым потоком.

Высокая миграционная способность и полигенность природных газов затрудняет интерпретацию экспериментальных данных их отдельных компонентов. Поэтому исследователи для решения генетических вопросов ищут новые критерии и методические приемы.

Начатые в 60-70 годах изотопно-геохимические исследования легких элементов, в том числе инертных компонентов и их изотопов, в природных газах позволили получить новые данные в изучении геохимии газов. Как известно, генезис и возможные количества каждого изотопа инертных компонентов (^3He , ^4He , ^{36}Ar , ^{38}Ar , ^{40}Ar и т.д.) в составе флюидов регулируются законами физики. Поэтому, изучая изотопы инертных компонентов природных газов, можно получить дополнительную информацию о генезисе этих газов. Якуцени В.П. (1968), Толстихин И.Н. (1986), Кононов В.И. (1974) и др., изучая изотопный состав гелия в гидротермах Исландии, в зоне Камчатско-Курильско-Японского островодужного вулканизма, уточнили значения отношения

$^3\text{He}/^4\text{He}$, свойственного верхней мантии, осадочным породам, выяснили гомогенность верхней мантии в отношении $^3\text{He}/^4\text{He}$, а также установили, что изотопы гелия более надежные и однозначные, чем другие инертные компоненты. Таким образом, можно сказать, что изотопный состав гелия в газах относится к категории следствий, свидетельствующих о существовании магматических очагов и флюидопроводящих нарушенных зон.

После установления этих критериев представлялось интересным исследовать изотопный состав гелия в природных газах территории Азербайджана, куда входят: предгорные прогибы, альпийский ороген, межгорные впадины, многочисленные крупные дислокации кавказского и антикавказского направлений, зона с мощным осадочным чехлом, нефтегазовые залежи, грязевые вулканы и спонтанные выделения газов горячих и холодных минеральных источников в горной части региона (Алиев, Кабулова, 1980; Дадашев, Кабулова, 2003).

Как установлено вышеуказанными исследованиями (Кононов и др., 1974; Толстихин, 1986), там, где присутствует достаточно мощный ненарушенный осадочный чехол, основным источником гелия являются слагающие его породы.

Данные Алиева Ад.А., Дадашева Ф.Г. и др. с этой позиции подтверждают представление о том, что основным источником гелия грязевых вулканов [${}^3\text{He}/{}^4\text{He}_{\text{сред}} \approx (18 \pm 10) \times 10^{-8}$] и нефтегазовых залежей Нижнекуруинской впадины [${}^3\text{He}/{}^4\text{He}_{\text{сред}} \approx (28 \pm 6) \times 10^{-8}$], Абшеронского НГР [${}^3\text{He}/{}^4\text{He}_{\text{сред}} \approx (11 \pm 7) \times 10^{-8}$], Шамаха-Гобустанского НГР [${}^3\text{He}/{}^4\text{He}_{\text{сред}} \approx (7 \pm 3) \times 10^{-8}$] являются слагающие его осадочные породы (табл. 1). Исходя из этих данных, может быть сделан вывод о коровом (метаморфогенном, биогенном и т.д.) генезисе основных компонентов газов.

Как видно из представленных значений, отношение ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ для Шамаха-Гобустанского НГР меньше, чем для соседних регионов Абшеронского и Нижнекуруинского НГР (табл. 1).

В минеральных источниках Талышской зоны (Бюлюдюль, Галаби, Исти-су, Би-лабад) изотопный состав гелия изменяется в пределах: ${}^3\text{He}/{}^4\text{He} = (2 \div 6) \times 10^{-6}$. Такой изотопный состав гелия связан с тем, что в Талышской зоне наряду с дизъюнктивными дислокациями в северо-западном направлении наблюдаются антикавказские разрывные линии, которые оказались наложенными на общекавказские, к узлам сопряжения этих линий приурочиваются многодебитные термальные источники. Поэтому можно сказать, что формирование термальных вод Талышской складчатой системы, в составе которых растворен гелий с таким изотопным составом, обусловлено активными тектоническими подвижками и магматической деятельностью в нижне-верхнетретичное время. Таким образом, расположение магматических образований и флюидопроницаемость главных разломов подтверждается изотопным составом гелия.

Изотопный состав гелия минеральных источников Нахчыванской зоны меняется от $1,4 \times 10^{-6}$ до $2,9 \times 10^{-6}$, что свидетельствует о том, что зона развития минеральных источ-

ников связана с разрывными нарушениями и глубокими разломами.

Зона развития Нахчыванских минеральных источников Дарыдаг, Бойахмед, Лягатекач, Сираб, Нагаджир, Сурамалыг и скважины, пробуренные около этих источников, связаны тектонической полосой, которая характеризуется развитием интенсивной складчатости, осложненной разрывными нарушениями и глубокими разломами с экстрюзиями, которые проходят по юго-восточному крылу синклинали, находящейся между селениями Сурамалыг и Сираб (Азизбеков, 1961).

Учитывая геологическую структуру района, Дарыдагские минеральные воды характеризуются как пластово-трещинные, циркулирующие в отложениях вплоть до палеозойских, где прогретаются и обогащаются CO_2 .

В Кяльбаджарском регионе изучен изотопный состав гелия в двух минеральных источниках: Исти-су и Ширланских. В этих источниках отношение ${}^3\text{He}/{}^4\text{He} = 1,4 \times 10^{-6}$.

Кяльбаджарская наложенная мульда, с которой связаны эти источники, значительно отличается от многих структур Малого Кавказа. Важную роль в образовании Кяльбаджарской мульды играли поперечно-ориентированные сбросы и глубинные разломы, достаточно активные на неотектоническом этапе. Источник Исти-су приурочен к разрывам северо-восточного простирания, пересекающим метаморфизованную туфогенную толщу нижнего эоцена (Кашкай, 1952).

Характерным тектоническим элементом Восточно-Гарабагского хребта является надвиг, где среднеюрские толщи надвинуты на меловую. Вдоль надвиговой зоны располагаются Ширланские и др. минеральные источники.

Высокое отношение ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ (${}^3\text{He}/{}^4\text{He} = (1 \div 2) \times 10^{-6}$) зафиксировано в газах грязевых вулканов Ахтала, Килла-Купра. Впадина, в пределах которой расположены эти грязевые вулканы, зажата между антиклинориями Большого и Малого Кавказа и является раздробленной и подвижной, а также значительно более проницаемой для глубинных газов.

Таблица 1

Изотопные отношения гелия в природных газах Азербайджана,
Восточной Грузии, Юго-Западной Туркмении и Керчь-Тамани

| Источники газа | Местоположение | Наименование | $^3\text{He}/^4\text{He} \times 10^{-8}$ | $^3\text{He}/^4\text{He}_{\text{сред}} \times 10^{-8}$ |
|--|--|--|--|--|
| Нефтегазовые залежи | Абшеронский НГР | Гарадаг, VIII | 9,0 | |
| | Нижнекуруинский НГР | Кюрсянга, I Кюрювад, IV, VIII Нефтчала, ПТ | 20 35 30 | 28±6 |
| Грязевые вулканы | Абшеронский НГР | Абих | 9,7 | 11±7 |
| | | Бог-Бога Локбатан Шорбулаг | 3,3 23 6,8 | |
| | Шамаха-Гобустанский НГР | Айрантекан | 6,2 | 7±3 |
| | | Дашгиль Бахар Готурдаг Чеилдаг | 5,8 4,5 2,8 15,0 | |
| Дашмардан Арзани-Клыч Сара-Бога | | 6,2 8,3 3,0 | | |
| Нижнекуруинский НГР | Бяндован Хамамдаг Б.Мишовдаг Б.Харами М.Харами Ахтарма-Пашалы | 5,0 27,0 12,0 26,0 9,0 30,0 | 18±10 | |
| Междуречье Куры и Габырры | Полпой-Тепе | 53,0 | | |
| Минеральные источники | Нахчыван | Сираб Сираб (мышьяковый) Дарыдаг Сурамалыг Бойахмед | 290 150 250 140 140 | 194±63 |
| Скважины, пробуренные около источников | | Сираб Лягатекач Сурамалыг Нагаджир | 110 250 110 85 | 139±65 |
| Минеральные источники | Кяльбаджар | Ширлан Исти-су | 140 140 | 140 |
| | Талыш | Бюлюдюль Галаби Исти-су Билабад | 600 250 200 200 | 312±167 |

Продолжение табл. 1

| Источники | Местоположение | Наименование | ${}^3\text{He}/{}^4\text{He} \times 10^{-8}$ | ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}_{\text{сред}} \times 10^{-8}$ |
|------------------|------------------------|--------------------|--|--|
| Грязевые вулканы | Восточная Грузия | Аладжик | 51 | 95±59 |
| | | С. Тюлки-Тепе | 49 | |
| | | Ю. Тюлки-Тепе | 55 | |
| | | Ахтала | 122 | |
| | | В. Килла-Купра | 200 | |
| | Юго-Западная Туркмения | Западный Порсугель | 27,0 | 15±8 |
| | | Небитдаг | 16,4 | |
| | | Кеймир | 6,6 | |
| | | Гек-Патлауг | 8,3 | |
| Керчь-Тамань | Карabetова | 6,2 | 6±2 | |
| | Южно-Бугазская Сопка | 5,1 | | |
| | Олденбургского | 6,0 | | |
| | Сопка Трубецкого | 6,8 | | |
| | Сопка Андрусова | 5,5 | | |
| | Источник Бегол | 4,3 | | |
| | Приозерная Площадь | 4,4 | | |

Экспериментальные данные по изотопии гелия представляют большой интерес и могут быть использованы для идентификации газов разных источников из разных регионов. Как известно, в математической статистике для идентификации двух нормальных выборок (т.е. однородности выборок и значимости различий между ними) используется величина среднего критерия сравнения средних значений в двух нормальных совокупностях («двухвыборочный критерий t»):

$$t = \frac{X - Y}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_x^2 + (n_2 - 1)S_y^2}{n_1 + n_2 - 2}}} \sqrt{\frac{n_1 \times n_2}{n_1 + n_2}} \quad (1)$$

где: t – двухвыборочный t -критерий;
 n_1, n_2 – число экспериментальных данных;
 \bar{X}, \bar{Y} – выборочные средние;
 S_x^2, S_y^2 – выборочные дисперсии;
 α – уровень значимости;

$$\bar{X} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X_i, \quad \bar{Y} = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} Y_i$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X})^2$$

$$S_y^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (Y_i - \bar{Y})^2$$

Для идентификации двух выборок «двухвыборочный t -критерий» вычисляется по формуле (1) (Мюллер и др., 1982), при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы $m=n_1+n_2-2$ находим $t_m = 0,975$. Если абсолютное значение $|t| > t_{m;1-\frac{\alpha}{2}}$, это означает, что по величине среднего изотопного состава гелия сравниваемые выборки относятся к разным генеральным совокупностям, т.е. статистически разнородны, а если $|t| \leq t_{m;1-\frac{\alpha}{2}}$, тогда они статистически неразличимы (однородны), и соответствующие структуры могут по среднему изотопному составу гелия считаться сходными. Результаты этих сравнений приведены в таблице 2.

Как видно из таблицы, из сравниваемых источников разных регионов грязевые вулканы Нижнекуринской впадины и Шамаха-Гобустана ($t=2,83$; $t_{m;1-\frac{\alpha}{2}} = 2,179$), Восточной

Грузии и Нижнекуринской впадины ($t=2,86$; $t_{m:1-\frac{a}{2}} = 2,262$), Керчь-Тамани и Восточной

Грузии ($t=3,66$; $t_{m:1-\frac{a}{2}} = 2,228$) по величине

средне-сравниваемых выборок относятся к разным генеральным совокупностям, т.е. статистически разнородны, и, следовательно, условия формирования изотопного состава гелия в флюидах этих структур (флюидопроницаемость нарушений, терригенный материал глубокозалегающих отложений, в которых образуется ^4He и др.) существенно различны.

Источники других регионов, например: грязевые вулканы Абшерона и Нижнекуринской впадины ($t=1,13$; $t_{m:1-\frac{a}{2}} = 2,31$), грязевые

вулканы и нефтегазовые месторождения Нижнекуринской впадины ($t=1,42$; $t_{m:1-\frac{a}{2}} = 2,36$),

минеральные источники Нахчывана и сква-

жины, пробуренные около источников ($t=1,13$; $t_{m:1-\frac{a}{2}} = 2,36$), минеральные источники Талыша

и Нахчывана ($t=1,3$; $t_{m:1-\frac{a}{2}} = 2,36$), ми-

неральные источники Кяльбаджар и Талыша ($t=1,19$; $t_{m:1-\frac{a}{2}} = 2,78$), Кяльбаджар и Нахчы-

вана ($t=1,02$; $t_{m:1-\frac{a}{2}} = 2,57$) статистически не-

различимы, и соответствующие структуры могут по среднему изотопному составу гелия считаться сходными.

Таким образом, можно сказать, что такое сходство можно рассматривать как указание на то, что в сравниваемых регионах флюидопроницаемость глубокозалегающих отложений и магматических пород, в результате которых из этих отложений флюидопоток достигает земной поверхности и выносит ^4He и ^3He , почти одинакова.

Таблица 2

Критерии сравнения средних значений в двух нормальных совокупностях («двухвыборочный t-критерий»)

| Источники газов | $(^3\text{He}/^4\text{He})_{\text{сред}} \times 10^{-8}$ | S^2 | n | T | $t_{m:1-\frac{a}{2}}$ |
|---|--|-------|---|------|-----------------------|
| Грязевые вулканы Нижнекуринской НГР | 18 | 115 | 6 | 1,42 | 2,365 |
| Нефтегазовые месторождения Нижнекуринской НГР | 28 | 58,5 | 3 | | |
| Грязевые вулканы Абшеронской НГР | 10,7 | 74,1 | 4 | 1,13 | 2,306 |
| Грязевые вулканы Нижнекуринской НГР | 18 | 115 | 6 | | |
| Грязевые вулканы Нижнекуринской НГР | 18 | 115 | 6 | 2,83 | 2,179 |
| Грязевые вулканы Шамаха-Гобустанской НГР | 6,5 | 15,4 | 8 | | |
| Грязевые вулканы Восточной Грузии | 95,4 | 4351 | 5 | 2,86 | 2,262 |
| Грязевые вулканы Нижнекуринской НГР | 18 | 115 | 6 | | |
| Грязевые вулканы Восточной Грузии | 95,4 | 4351 | 5 | 3,66 | 2,228 |
| Грязевые вулканы Керчь-Тамани | 5,5 | 0,87 | 7 | | |
| Минеральные источники Нахчывана | 194 | 5045 | 5 | 1,13 | 2,365 |
| Скважины, пробуренные около источников | 139 | 5640 | 4 | | |
| Минеральные источники Талыша | 312,5 | 37291 | 4 | 1,3 | 2,365 |
| Минеральные источники Нахчывана | 194 | 5045 | 5 | | |
| Минеральные источники Кяльбаджар | 140 | 0 | 2 | 1,19 | 2,776 |
| Минеральные источники Талыша | 312,5 | 37291 | 4 | | |
| Минеральные источники Кяльбаджар | 140 | 0 | 2 | 1,02 | 2,57 |
| Минеральные источники Нахчывана | 194 | 5045 | 5 | | |

С другой стороны, изучение распространения кондуктивного теплового потока привело к выявлению закономерных различий между разными тектоническими структурами по величине важнейшего геофизического параметра – глубинного теплового потока. Было установлено, что величина глубинного теплового потока связана с возрастом тектономагматической активности, возрастая от древних структур к молодым. Интерпретация этой зависимости привела к созданию различных геотермических моделей, предполагающих существование в недрах локализованных в пространстве и времени источников тепла. Реальная природа таких источников выяснилась после того, когда были сопоставлены вариации распространения индикаторов массопотока: геофизического – кондуктивного теплового потока и геохимического – изотопного состава гелия, и обнаружилось, что вариации распространения обоих компонентов совершенно аналогичны. Оба параметра достигают абсолютного регионального максимума в одних и тех же древнейших тектонических элементах земной коры и отражают тектоническую специфику исследуемых регионов. Такие регионы выявлены на Большом, Малом Кавказе, в Куринской и Рионской депрессиях в Закавказье (Миллер и др., 1965; Матвеева и др., 1978).

Для выяснения непосредственного соотношения между этими параметрами была сопоставлена их величина, наблюдаемая в одних и тех же конкретных пунктах разных тектонических провинций, при этом наблюдался синхронный характер изменения обоих параметров в геологическом времени, что ясно показывает, что их величины в двух разных аспектах – геологическом и геофизическом – характеризуют один и тот же геологический процесс.

Геохимическая сторона этого процесса указывает на то, что он связан с массопотоком из остывающих магматических пород, который выносит из них остаточный первичный ^3He и одновременно транспортирует тепло. Для более ясного выяснения связи между этими параметрами их соотношение исследовалось с помощью известных методов математической статистики (Матвеева и др., 1978), корреляционный анализ выявил между сравниваемыми параметрами наличие тесной по-

ложительной связи – $\eta_{X/Y} = \eta_{Y/X} = 0,72$. По-

этому очень интересно сравнение этих параметров и для источников Азербайджана. Среди регионов, для которых изучен изотопный состав гелия, в шести по данным Кашкая М.А. и Алиева С.А. (1974) измерен тепловой поток, и для этих регионов вычислен выборочный коэффициент корреляции по формуле:

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (3)$$

где:

r_{XY} – выборочный коэффициент корреляции;

\bar{X} , \bar{Y} – выборочные средние;

n – число экспериментальных данных;

α – уровень значимости;

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

Если выборочный коэффициент корреляции, вычисленный по формуле (2), больше, чем коэффициент корреляции, найденный для

$m=n-2$ и $q=1-\frac{\alpha}{2}$ из работы Мюллера и др.

(1982), где m – число, получаемое при вычитании 2 от суммы экспериментальных данных ($n_1+n_2,3,\dots$), тогда между сравниваемыми случайными величинами существует корреляционная связь. Наоборот, если выборочный коэффициент корреляции меньше, чем коэффициент корреляции из работы Миллера и др. (1982), тогда между сравниваемыми случайными величинами корреляционная связь отсутствует. Как видно из таблиц 3, 4, для нефтегазовых месторождений Нижнекуринской впадины выборочный коэффициент корреляции меньше, чем коэффициент корреляции: $r_{xy}=0,56$; $r_{4;0,975}=0,81$. На основе этого можно сказать, что для этих нефтегазовых месторождений между изотопным составом гелия и тепловым потоком корреляционная связь отсутствует. Возможно, это связано с тем, что

интенсивное прогибание в Южно-Каспийской впадине началось в раннем плиоцене и в четвертичное время продолжалось в нарастающем темпе.

Скорость осадконакопления в плиоцене достигла лавинных значений: 1,8 км/млн. лет. Скорость накопления осадков является одним из факторов, определяющих тепловой режим осадочных бассейнов. При лавинных скоростях седиментации происходит сильное затухание глубинного теплового потока (Мухтаров, 2003).

Грязевой вулканизм резко меняет проницаемость земной коры, создавая особенно благоприятные условия для разгрузки самых глубинных подземных флюидов. Это ярко

проявляется в изотопном составе содержащегося в них гелия и тепловом потоке.

Как видно из таблицы 4, для грязевых вулканов Нижнекуринской впадины, Абшерона, Восточной Грузии, Керчь-Тамани и для скважин, пробуренных вблизи минеральных источников, $r_{xy} > r_n: 0,975$, т.е. наблюдаемые связи между $^3\text{He}/^4\text{He}$ и тепловым потоком для других регионов применимы и к вышеотмеченным объектам (Толстихин, 1986). Это еще раз говорит о том, что изотопный состав гелия и тепловой поток, внешне разнородные показатели, связаны глубокой внутренней связью и образуются в результате распада радиоактивных изотопов осадочных пород глубокозалегающих отложений.

Таблица 3

Средние значения отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$

| Регионы | Источники | | $^3\text{He}/^4\text{He} \times 10^{-8}$ | $^3\text{He}/^4\text{He}_{\text{ср}}$ | $Y_i - \bar{Y}$ |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|
| Талыш | минеральные источники | Бюлюдюль | 600 | 312,5 | 287,5 |
| | | Галаби | 250 | | 62,5 |
| | | Исти-су | 200 | | 112,5 |
| | | Билабад | 200 | | 112,5 |
| Нижнекури- нская впадина | нефтегазовые месторождения | Кюрсянги I | 20 | 28 | 8 |
| | | Кюровдаг IV | 35 | | 7 |
| | | Нефтчала | 30 | | 2 |
| | грязевые вул- каны | Бяндован | 5,0 | 18 | 13 |
| | | Хамамдаг | 27,0 | | 9 |
| | | Б.Мишовдаг | 12,0 | | 6 |
| | | Б.Харамии | 26,0 | | 8 |
| | | М.Харамии | 9,0 | | 9 |
| Ахтарма-Паша | 30,0 | 12,0 | | | |
| Абшерон | грязевые вул- каны | Абих | 9,7 | 10,7 | 1,0 |
| | | Бог-Бога | 303 | | 7,4 |
| | | Локбатан | 23 | | 12,3 |
| | | Шорбулаг | 6,8 | | 3,9 |
| Восточная Грузия | Грязевые вул- каны | Аладжик | 51 | 95,4 | 44,4 |
| | | С.Тюлки-Тепе | 49 | | 46,4 |
| | | Ю.Тюлки-Тепе | 55 | | 40,4 |
| | | Ахтала | 122 | | 26,6 |
| | | В.Килла-Купра | 200 | | 104,6 |
| Керчь-Тамань | Грязевые вул- каны | Сопка Олденбургского | 6,0 | 5,7 | 0,3 |
| | | Сопка Трубецкого | 6,8 | | 1,1 |
| | | Источник Бегол | 4,3 | | 1,4 |
| | | Южно-Бегозская | 5,1 | | 0,6 |
| | | Карабетова | 6,2 | | 0,5 |

Таблица 4

Средние значения теплового потока

| Регионы | Источники | | q , мВт/м ² | $q_{\text{ср}}$ | $X_i - \bar{X}$ | |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|
| Талыш | скважины | скв.2 | 83,8 | 68,1 | 15,7 | $r_{xy}=0,94$ $r_{6;0,0975}=0,71$ |
| | | скв.5 | 62,85 | | 5,25 | |
| | | скв.8 | 62,85 | | 5,25 | |
| | | скв.13 | 62,85 | | 5,25 | |
| Нижне- куруинская впадина | нефтегазовые месторождения | Кюрсянтя I гор. ПТ | 28,5 | 0,8 | 2,3 | $r_{xy}=0,56$ $r_{4;0,0975}=0,81$ |
| | | Кюровдаг IV гор. ПТ | 27 | | 3,8 | |
| | | Нефтчала | 37 | | 6,2 | |
| | грязевые вулканы | Бяндован | 39 | 0 | 9 | $r_{xy}=0,96$ $r_{10;0,0975}=0,57$ |
| | | Хамамдаг | 37 | | 7 | |
| | | Б.Мишовдаг | 25 | | 5 | |
| | | Б.Харами | 27,2 | | 2,8 | |
| | | Ахтарма-Паша | 26 | | 4 | |
| М.Харами | 25 | 5 | | | | |
| Абшерон | грязевые вулканы | Абих | 65 | 2,25 | 7,25 | $r_{xy}=0,90$ $r_{6;0,0975}=0,71$ |
| | | Бог-Бога | 67 | | 5,25 | |
| | | Локбатан | 86 | | 14,25 | |
| | | Шорбулаг | 71 | | 1,25 | |
| Восточная Грузия | грязевые вулканы | Аладжик | 69 | 71,4 | 2,4 | $r_{xy}=0,77$ $r_{8;0,0975}=0,63$ |
| | | С.Тюлки-Тепе | 73 | | 1,6 | |
| | | Ю.Тюлки-Тепе | 75 | | 3,6 | |
| | | Ахтала | 70 | | 1,4 | |
| | | В.Килла-Купра | 70 | | 1,4 | |
| Керчь- Тамань | грязевые вулканы | Сопка Олденбургско- го | 35 | 45,2 | 10,2 | $r_{xy}=0,70$ $r_{8;0,0975}=0,63$ |
| | | Сопка Трубецкого | 58 | | 13,2 | |
| | | Источник Бегол | 42 | | 3,2 | |
| | | Южно-Бегозская | 51 | | 5,8 | |
| | | Карабетова | 40 | | 5,2 | |

Выводы:

1. Между тепловым потоком и изотопным составом гелия нефтегазовых месторождений Нижнекуруинской впадины корреляционная связь отсутствует.

2. Между тепловым потоком и изотопным составом гелия газов грязевых вулканов Нижнекуруинской впадины, Абшерона, Восточной Грузии, Керчь-Тамани и скважин, пробуренных вблизи минеральных источников Нахчывана, наблюдается положительная корреляционная связь.

Сравнивая источники разных регионов на основе “двухвыборочного t-критерия”, можно сказать:

3. Грязевые вулканы Нижнекуруинской впадины и Шамаха-Гобустана; Восточной Грузии и Нижнекуруинской впадины; Керчь-Тамани и Восточной Грузии статистически разнородны, т.е. условия формирования изотопного состава гелия в них существенно различны.

4. Грязевые вулканы Абшерона и Нижнекуруинской впадины; нефтегазовые месторождения и грязевые вулканы Нижнекуруинской впадины; минеральные источники Нахчывана и скважины, пробуренные около источников; минеральные источники Талыша и Нахчывана, Кяльбаджар и Талыша; Кяльбаджар и Нахчывана статистически неразличимы, т.е. условия формирования изотопного состава гелия в них сходные.

Авторы считают приятным долгом выразить признательность за консультации по математической обработке экспериментальных данных доктору геол.-минер. наук Бабаеву Ш.А.

ЛИТЕРАТУРА

- АЗИЗБЕКОВ, Ш.А. 1961. Геология Нахичеванской АССР. Госгеолтехиздат. Москва. 161-199.
- АЛИЕВ, АД.А, КАБУЛОВА, А.Я. 1980. Изотопы гелия в газах грязевых вулканов Азербайджана. *ДАН Аз.ССР*, XXXVI, 3.
- ДАДАШЕВ, Ф.Г., КАБУЛОВА, А.Я. 2003. Изотопы гелия в природных газах Азербайджана. *Известия НАНА, Науки о Земле*, 2, 3-9.
- КАШКАЙ, М.А., АЛИЕВ, С.А., ТАГИЕВ, И.И. 1968. Гипотермальная зона Масаллы-Ленкорань-Астара. *Известия АН Азерб.ССР. Науки о Земле*, 3, 3-18.
- КАШКАЙ, М.А., АЛИЕВ, С.А. 1974. Тепловой поток в Куринской депрессии. Глубинный тепловой поток в Европейской части СССР. Киев. 95-109.
- КАШКАЙ, М.А. 1952. Минеральные источники Азербайджана. АН Аз. ССР. Баку. 5-100.
- КОНОНОВ, В.И., МАМЫРИН, Б.А., ПОЛЯК, Б.Г. и др. 1974. Изотопы гелия в газах гидротерм Исландии. *Докл. АН СССР*, 217, 1, 172-175.
- МАТВЕЕВА, Э.С., ТОЛСТИХИН, И.Н., ЯКУЦЕНИ, В.П. 1978. Изотопно-гелиевый критерий происхождения газов и выявления зон неотектогенеза (на примере Кавказа). *Геохимия*, 3, 307-316.
- МИЛЛЕР, Р. и др. 1965. Статистический анализ в геологических науках. Мир. Москва. 470.
- МУХТАРОВ, А.Ш. 2003. Некоторые аспекты формирования поля в Каспийском регионе. *Труды Института геологии*, 31, 141-147.
- МЮЛЛЕР, П., НОЙМАН, П., ШТОРМ, Р. 1982. Таблицы по математической статистике. Статистика. Москва. 128-167.
- ТОЛСТИХИН, И.Н. 1986. Изотопная геохимия гелия, аргона и редких газов. Наука. Москва. 136.
- ЯКУЦЕНИ, В.П. 1968. Геология гелия. Недра. Ленинград. 33-135.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана А.А.Фейзуллаев