

УДК 550.3+550.4

НОВОЕ ОБ ИЗОТОПНО-УГЛЕРОДНЫХ НЕСТАБИЛЬНОСТЯХ СПОНТАННЫХ ГАЗОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ПРИТАШКЕНТСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

© 1996 г. Ш. С. Юнусов, Г. И. Войтов, А. Н. Султанходжаев

Представлено академиком В.Н. Страховым 16.08.94 г.

Поступило 26.08.94 г.

Известно [1–8 и др.], что углерод CO_2 из спонтанных газов большинства источников минеральных вод и атмосферы подпочв в полосе альпийской складчатости и современной сейсмической активности недр подвержен временным изотопным нестабильностям. Однако, в отличие от чрезвычайно широкого интервала временных изотопно-углеродных нестабильностей восстановленных углеродистых газов (в основном – CH_4), временные вариации углерода CO_2 редко выходят за рамки 10–12‰ (в значениях $\delta^{13}\text{C}$). В сейсмически активных областях указанный процесс, по-видимому, регулируется не изотопным фракционированием, а поступлением с глубины изотопно-тяжелой углекислоты, несущей преимущественно [9] мантийную изотопную метку ($\delta^{13}\text{C} = -5 \dots -7\%$). Экспериментальные данные, подтверждающие указанную закономерность, получены на значительных площадях евроазиатской сейсмической активности на территории бывшего СССР, простирающейся от Прутских разломов глубокого заложения, ограничивающих на юго-западе Русскую плиту, до северо-восточных отрогов Тянь-Шаня. Из этой по-

лосы выпадают наиболее интересные зоны Памира и Западного Тянь-Шаня, а также равнинная часть Средней Азии, в пределах которых изотопно-углеродный состав спонтанных газов изучен только в единичных образцах. Исключение составляет только Ферганская впадина, в пределах которой режимные наблюдения изотопно-углеродного состава спонтанной углекислоты проводились на протяжении более 12 лет в 3 скважинах (№ 3 в парке Галаба, № 6 в поселке Луначарского и № 7 в поселке Улугбек). Скважинами вскрыты на глубинах 1300–2400 м сеноманские водоносные горизонты относительно слабо минерализованных (табл. 1) вод с температурой до 70°C [10].

Всего за время с 1977 по 1992 гг. отобрано свыше 2000 образцов спонтанных газов, из них из скважины № 3 – порядка 800, из скважины № 6 – около 700 и из скважины № 7 – более 550 образцов.

Изотопный состав углерода определялся на масс-спектрометре МИ-1309 двухлучевым компенсационным методом. Данные изотопного анализа (погрешность измерений $\pm 0.3\%$ значений $\delta^{13}\text{C}$)

Таблица 1. Химический состав вод и спонтанных газов

№ скважины	Глубина перфорации, м	Температура воды, °C	Химический состав вод (формула Курлова)	Химический состав спонтанных газов, об. %						Радиоактивность воды, эман
				N_2	O_2	CO_2	H_2	He	Ar	
№ 6, поселок Луначарского	1700–1824	61.9	$M_{0.85} \frac{\text{HCO}_3^{66} \text{SO}_4^{22}}{(\text{Na} + \text{K})_{96}}$	77.4	3.5	13.4	$7 \cdot 10^{-4}$	0.66	1.53	5.5
№ 7, поселок Улугбек	1662–1917	22.0	$M_{1.3} \frac{\text{Cl}^{46} \text{HCO}_3^{29} \text{SO}_4^{23}}{(\text{Na} + \text{K})_{86} \text{Ca}_9}$	87.2	0.5	5.45	$12 \cdot 10^{-4}$	1.58	1.41	5.5
№ 3, парк Галаба	1737–1861	48.7	$M_{0.59} \frac{\text{HCO}_3^{53} \text{SO}_4^{23}}{(\text{Na} + \text{K})_{95}}$	76.3	2.0	1.93	$7 \cdot 10^{-4}$	0.16	0.77	4.5

Примечания. 1. Забой всех скважин находятся в отложениях K_2 . 2. Содержание углеводородов во всех образцах спонтанных газов менее 1.0% по объему.

Институт планетарной геофизики Объединенного института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской Академии наук, Москва

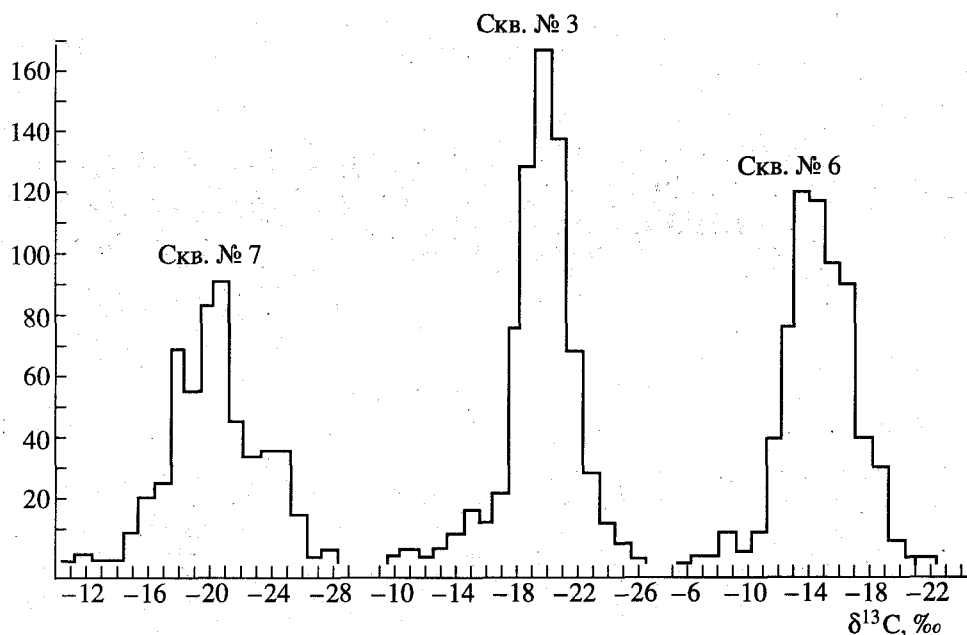


Рис. 1. Гистограммы рядов распределений изотопного состава углерода CO₂ в спонтанных газах из минеральных вод Приташкентского артезианского бассейна.

приведены к международному стандарту РДВ и даны в промилле.

Образцы характеризуют временной интервал 1977–1992 гг., отличавшийся в Средней Азии и сопредельных регионах сериями крупных и крупнейших сейсмических событий, таких, например, как Исфара-Баткенское ($M = 6.3$) и Товаксайское ($M = 5.0$) тектонические землетрясения 1977 г., Алайское ($M = 6.8$) тектоническое землетрясение 1978 г., Назарбекские ($M = 5.5$) тектонические землетрясения 1980–1981 гг., Джизакские, Папские и Газлийское ($M = 5.3$; 5.0 и 7.2 соответственно) тектонические землетрясения 1984 г., Кайраккумское ($M = 6.0$) разрушительное тектоническое землетрясение 1985 г., Каспийские ($M = 6.2$ и 6.6) тектонические землетрясения 1986 и 1989 гг., а также другие крупные и крупнейшие сейсмические события в Средней Азии и на сопредельных территориях Афганистана и Ирана. В этих сейсмических событиях в Средней Азии реализовано сейсмической энергии в среднем на полпорядка или даже целый порядок больше, чем ее реализовано за соответствующий промежуток времени в предшествующие и последующие годы.

Известно (см., например, [11]), что относительные деформации среды в геодинамически активных регионах (в том числе в очагах землетрясений и во вмещающих их массивах горных пород) могут меняться в пределах нескольких порядков величины (от 10^{-8} , отвечающих деформациям, испытываемым горными породами при лунно-солнечных приливах в земной коре, до 10^{-5} и даже 10^{-4} в очагах землетрясений на завершающих стадиях подготовки гипоцентральных зон). В таких же пропорциях, по-видимому, изменяются

проницаемости геологических сред и, соответственно, плотности восходящих потоков летучих. В свою очередь, в [12] показано, что в геологических средах существует глубинная изотопно-углеродная зональность углеродистых газов, откуда следует, что по мере увеличения деформации среды при подготовке очаговых зон землетрясений процесс с неизбежностью сопровождается последовательным обогащением участвующих в восходящем движении в область стока глубинных газов, CO₂ которых несет избыток тяжелого изотопа углерода (¹³C)*. Экстремальных значений такие процессы достигают в момент формирования магистральных разрывов сплошности горных пород, после чего деформации среды, потоки природных газов и, соответственно, изотопный состав углерода их углеродистых газов выходят на фоновый уровень.

Но вернемся к материалам изотопных исследований, выполненных в пределах Ташкентского геодинамического полигона.

На рис. 1 статистика определений изотопного состава углерода спонтанной углекислоты обобщена на гистограммах рядов распределения изотопного состава (отдельно по каждой скважине). Из последних видно, как формируются интегральные характеристики изотопно-углеродного состава спонтанной углекислоты в каждом из отобранных образцов, представляющих собой,

* Подавляющая часть внутриконтинентальных землетрясений (в том числе – среднеазиатских) формирует свои очаги на глубинах 15–20 км, т.е. в областях надкритических температур и давлений для воды, где флюидная часть представлена агрессивными водно-газовыми системами, состояние и физикохимические свойства которых не совсем ясны.

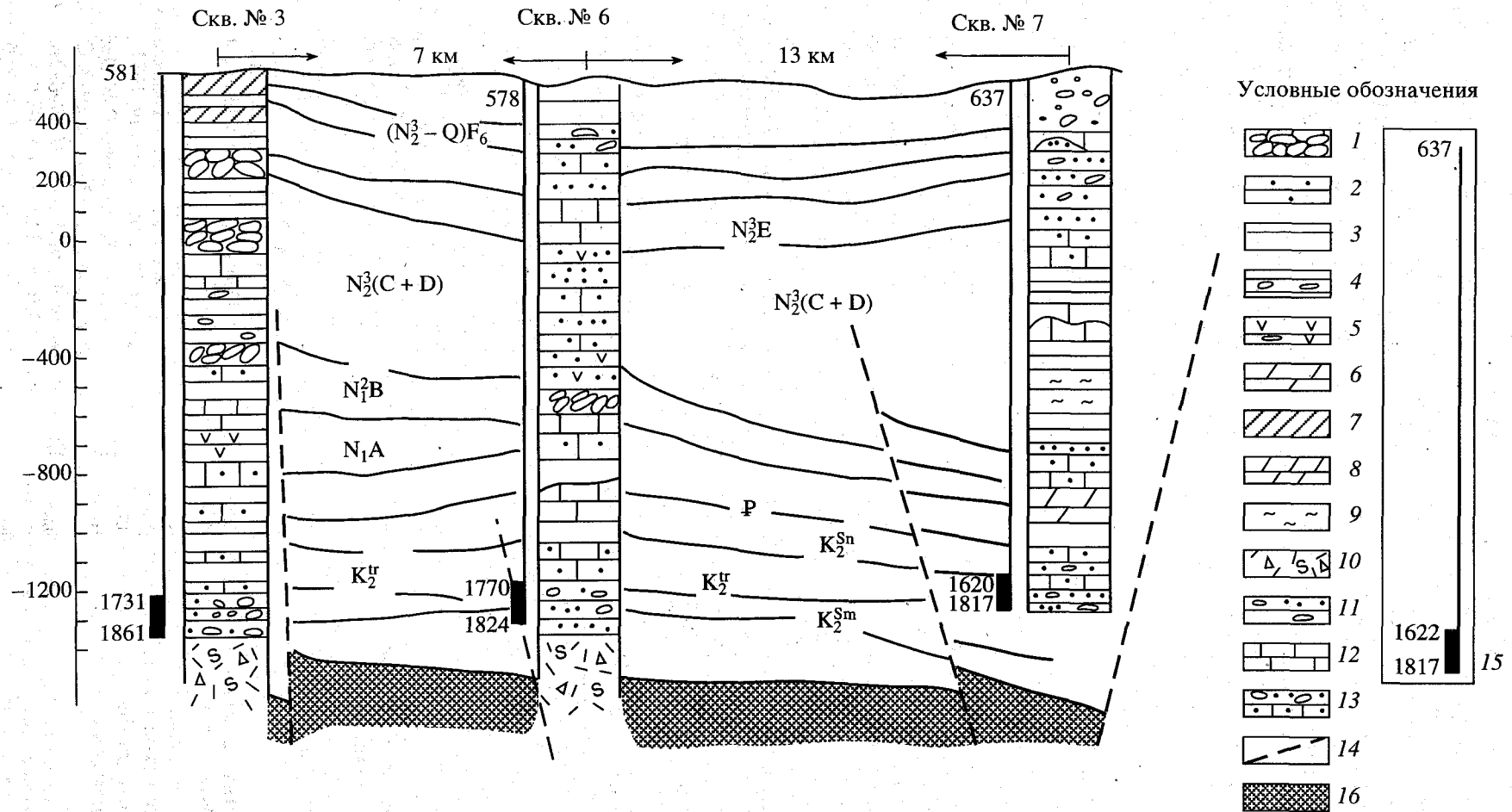


Рис. 2. Геологические разрезы, вскрытые скважинами режимных наблюдений за составом спонтанных газов Приташкентского артезианского бассейна. 1 – конгломераты, 2 – песчаники, 3 – глины, 4 – глины с прослоями гравия, 5 – глины с гипсовыми включениями, 6 – глины с прослойками суглинков, 7 – суглинки, 8 – мергели, 9 – аргиллиты, 10 – туфы, туфобрекчии, 11 – глины запесоченные, с включением гальки, 12 – известняки, 13 – гравий с прослойками песчаников, 14 – линии тектонических нарушений, 15 – пьезометрический уровень подземных вод в абсолютных метрах и интервал перфораций, 16 – кристаллический палеозой.

во-первых, смеси изотопно-тяжелой (ювенильной) углекислоты с $\delta^{13}\text{C}$ от 0 до -7‰ и углекислоты – продукта окисления углеводородных газов, нефти и рассеянного в осадочных породах органического вещества с $\delta^{13}\text{C}$, изменяющимся в широком интервале значений (от -17 до -50‰ и даже более). Заметим, что интегральные характеристики любого из отобранных образцов регулируются относительным содержанием в составе спонтанных газов углекислоты последней группы. Во-вторых, наибольшее количество изотопно-тяжелой (ювенильной) углекислоты (рис. 1) выносятся водно-газовыми системами, изливающимися из скважины № 6 в поселке Луначарского, забоем которой на глубине перфорации (1770–1824 м) вскрыта проницаемая система тектонических разломов (рис. 2), по которым с глубины поступает высокотемпературный водно-газовый флюид, изменяющий температуру воды пластового коллектора в районе интервала перфорации с 22 до 62°C (табл. 1). Тектонические нарушения, вскрытые этой скважиной, по-видимому, “слепые”, экранирующие пластовые воды от нисходящей инфильтрации низкотемпературных вод метеорного происхождения.

В-третьих, водоносные горизонты, вскрытые скважиной № 7 в интервале перфорации 1620–1817 м (рис. 2), судя (табл. 1) по температуре содержащихся в них пластовых вод (22°C), в большой степени формируются за счет нисходящей инфильтрации вод метеорного происхождения по сквозным разрывным структурам тектонического происхождения. Последние, помимо всего сказанного, привносят в пластовый коллектор из перекрывающих горизонтов изотопно-легкую углекислоту (продукт окисления рассеянного в осадочных породах органического вещества и углеводородных газов), смешение которых с изотопно-тяжелой углекислотой поднимающихся с глубин пульсирующим водно-газовым систем приводит к существенно большей размытости и некоторой дву-modalности гистограммы рядов распределения изотопного состава углерода в образцах, отобранных из этой скважины (рис. 1), а также к большему размаху их вариаций (от -10 до -30‰ значений величины $\delta^{13}\text{C}$).

Наконец, интервал вариаций изотопного состава углерода спонтанной углекислоты из скважины № 3, пробуренной в тектонически более спокойном блоке пород (в интервале перфорации и ближайших ее окрестностях не вскрыты тектонические нарушения), наиболее узок (от -10 до -26‰ значений $\delta^{13}\text{C}$). Сама гистограмма одномодальна и представляет собой близкое к гауссовскому распределение изотопного состава углерода, свидетельствующее, по-видимому, о сравнительном

постоянстве поступления глубинной изотопно-тяжелой углекислоты, поднимающейся от интервала перфорации пластового коллектора, т.е. вариации ее изотопного состава явно зависят как от тектонической изолированности вскрытого скважиной блока пород, так и от степени геодинамической активности подстилающих недр Приташкентского артезианского бассейна в месте заложения скважины.

Таким образом, спонтанная углекислота подземных водно-газовых систем из пластовых коллекторов Приташкентского артезианского бассейна подвержена тем же изотопно-углеродным нестабильностям во времени, что и углекислота водно-газовых систем из других сейсмически активных регионов, в том числе – альпийской складчатости. Однако интервал вариаций изотопно-углеродного параметра углекислоты подземных водно-газовых систем Приташкентского артезианского бассейна существенно шире интервала временных вариаций изотопного состава углекислоты других областей сейсмической активности недр. Последнее, по-видимому, определяется как условиями нисходящей инфильтрации метеорных вод в Приташкентском артезианском бассейне, несущих в пластовые коллекторы изотопно-легкую углекислоту – продукт окисления органического вещества осадочных пород и углеводородных газов, так и геодинамической активностью его недр, определяющей особенности субвертикального движения глубинных водно-газовых систем, несущих в те же пластовые коллекторы изотопно-тяжелую углекислоту глубинного (ювенильного) происхождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осика Д.Г. Флюидный режим сейсмически активных областей. М.: Наука, 1981. С. 221.
2. Войтов Г.И., Кучер М.И., Денисов С.А. и др. // ДАН. 1988. Т. 302. № 5. С. 1212–1216.
3. Войтов Г.И., Милькис М.Р., Кучер М.И. и др. // ДАН. 1986. Т. 290. № 6. С. 1335–1338.
4. Кучер М.И., Беликов В.М., Войтов Г.И. и др. // Изв. вузов. Геология и разведка. 1991. № 3. С. 95–97.
5. Николаев А.В., Войтов Г.И., Гриневский А.О. и др. // ДАН. 1992. Т. 326. № 1. С. 54–58.
6. Войтов Г.И., Миллер Ю.М., Потапов Г.А. и др. // ДАН. 1993. Т. 333. № 3. С. 203–205.
7. Войтов Г.И., Попов Е.А., Пруцкая Л.Д., Пшеничный Л.В. // ДАН. 1988. Т. 298. № 6. С. 1454–1459.
8. Хитаров Н.И., Войтов Г.И., Лебедев В.С. и др. // ДАН. 1972. Т. 204. № 5. С. 1104–1107.
9. Craig H. // Geochim. et cosmochim. acta. 1953. V. 3. № 2/3 P. 53–92.
10. Султанходжаев А.Н., Сидиков С., Чернов И.Г. В кн.: Исфара-Баткенское и Табаксайское землетрясения 1977 г. Ташкент: Фан, 1981. С. 141–149.
11. Латынина Л.А., Кармалева Р.М. Деформографические измерения. М.: Наука, 1978. С. 156.
12. Алексеев Ф.А., Войтов Г.И., Лебедев В.С., Несмелова З.Н. Метан. М.: Недр, 1978. С. 322.
13. Мавлянов Г.А., Уломов В.И. // Узб. геол. журн. 1985. № 3. С. 10–13.

* Альтернативой сказанному может быть допущение быстрого адиабатического расширения газов в момент тектонических разрывов сплошности горных пород в сейсмо-тектоническом процессе [13].