

Академия наук СССР

Геохимия

№ 8, 1956

Журнал Вери тюркестан
от К. Флоренского
15/11-57.

К. П. Флоренский

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ ПО ПРИЗНАКАМ,
ДИАГНОСТИРУЮЩИМ ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ. 1. ГАЗЫ
ГИПЕРГЕННОГО ТИПА

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ ПО ПРИЗНАКАМ, ДИАГНОСТИРУЮЩИМ ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ

1. ГАЗЫ ГИПЕРГЕННОГО ТИПА

К. П. ФЛОРЕНСКИЙ

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР,
Москва

Вопрос о рациональной классификации природных тел имеет большое принципиальное значение, так как та или иная классификационная схема, принятая для работы, по существу предопределяет собой основное направление исследования. Ставя вопрос о классификации природных газов, в 1931 г. В. И. Вернадский [1] пишет: «Научная классификация есть эмпирическое построение, а не построение чисто логическое или математическое. Необходимо построить систему так, чтобы все их (газы) можно было всегда точно и удобно найти, в каждом случае точно определить и поставить сколь возможно менее субъективно на место, т. е. в установленную систему тел... Классификация естественных тел есть не самоцель, а орудие научной работы. Она нужна и необходима постольку, поскольку она научной работе помогает».

Другими словами,— классификация интересует нас постольку, поскольку она отвечает практическим запросам при оценке явлений. С этой точки зрения классификация должна быть построена по наиболее характерным, хотя бы даже разнородным признакам, выделяющим интересующее нас природное явление, т. е. всякая классификация должна быть до некоторой степени определителем.

При изучении природных газов усилия исследователей направлены, с одной стороны, к выявлению сущности отдельных газообразующих процессов, а с другой стороны, к выделению характеризующих эти процессы признаков, которые должны быть включены в классификацию и на которые следует обращать особое внимание.

В настоящее время первая часть задачи находит свое отражение в генетической классификации, но вторая явно отстает от практических требований геологов и геохимиков.

Генетическая схема классификации нужна для полного обзора газообразующих процессов и сравнительной оценки их роли в геохимии.

Из генетических классификаций у нас пользуются распространением классификации Белоусова [2] и Козлова [3], недостатком которых является слишком большая схематичность.

В 1954 г. Суббота [4], уклонившись от чисто генетического принципа, дал детализированную схему, вводя ценные характеристики отдельных классов по составу газов. Однако трудно согласиться с его упрощением основного подразделения газов по типам газообразования.

Практически очень важно подразделение газов на два генетических ряда: 1) газов локализованного характера, сравнительно мало подвижных и образующих местные скопления, и 2) газов циркуляционного типа, имеющих очень широкое, «повсеместное» распространение, близкое к рассеянию. Этот ряд необходимо выделять в генетической классификации, так как его роль сказывается во всех газах и это надо все время помнить во избежание постоянных повторений. В ряде случаев газы этого ряда дают ценные диагностические признаки.

Однако генетическая классификация по своему существу остается умозрительной системой, недостаточно применимой для практического использования. Отнесение газа к тому или иному месту в системе не вытекает из свойств газа как такового, а в значительной мере субъективно или требует полного знания всей геологической обстановки газообразования и газопроявления. При изменении взгляда на роль того или иного процесса в формировании конкретного газа его место в системе меняется очень резко. Природные газы являются смесью различных газовых компонентов (минералов), часто чуждых генетических типов, и отнесение газовой ассоциации к тому или иному типу зависит от направленности изучения.

Все это вызывает необходимость пользования морфологической классификацией в практической работе. Желательно, чтобы на основании четких морфологических (по любому признаку) отличий можно было определять условия происхождения газа; к этому приходят все исследователи, работающие с конкретными газами.

В основу такой классификации не может быть положено формальное разделение газов по составу, например по принципу треугольника N_2 — CH_4 — CO_2 , так как близкий общий состав могут иметь газы совершенно различных условий образования, и такая классификация мало обещает по своим практическим выводам.

С другой стороны, например, сероводород или гелий, представляя важную часть газовой смеси, никогда не составляют основу природного газа по составу. Часто бывает важно подчеркнуть наличие какого-либо интересного процесса, идущего на фоне господствующих газов, например примесь биогенных газов к газам воздушного происхождения и т. д. Поэтому в ряде случаев целесообразно выделять смеси газов именно по интересующему нас микрокомпоненту, когда основной состав газа является побочным или мало характерным.

Весьма затруднительно разделение газов по зонам их образования (газы атмосферы, почв, литосферы и т. д.), так как условия поверхностных газопроявлений обычно не позволяют решить этот вопрос однозначно.

Каждый природный газ может находиться в трех формах: в виде свободного газа, растворенным в воде (редко в нефти) и сорбированным твердыми телами литосферы. В тех случаях, когда соотношения между этими формами выражаются законами фазового равновесия, эти формы должны рассматриваться совместно.

Мы сделали попытку представить классификацию, в основу которой положены характерные отношения между компонентами газовой ассоциации, позволяющие определить условия газообразования. Как первая попытка такого рода, она далека от полноты, и, возможно, нуждается в значительном дополнении ряда подразделяющих признаков. Несмотря на это, мы убеждены, что такой характер классификации, построенной по принципу определителя, наиболее отвечает практическим запросам геолога-газовика, так как лучше других позволяет разобраться в характере газопроявлений и подчеркивает необходимость изучения признаков, характеризующих особенности процессов образования газов в определенных условиях. В отличие от других принципов классификации мы считаем возможным назвать ее для краткости диагностической классификацией.

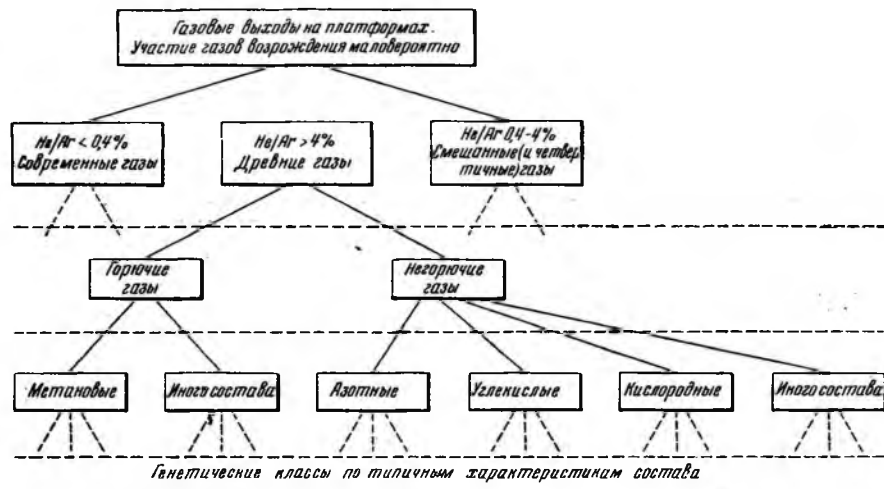
Здесь мы помещаем лишь наиболее типичные из газов платформенного типа, гипергенного происхождения, совершенно не касаясь газов, связанных с тепловым полем Земли и характеризующих метаморфические явления. Нами рассматриваются параллельно свободные и растворенные газы; газы сорбированные почти не изучены.

По мере возможности характеризующие параметры нами подбирались таким образом, чтобы при определении газовой ассоциации можно было

установить происхождение как основного, так и второстепенных компонентов газовой смеси.

Наиболее трудными для диагностики являются случаи различного смешения природных газов и видоизменения их в процессе продвижения к поверхности. Некоторые из таких возможностей учтены, но, вообще говоря, эти процессы требуют специального изучения.

Схема диагностической классификации гипергенных газов
Свободные газы



На рисунке видна принципиальная схема диагностической классификации газов гипергенного происхождения; в таблицах характеристики свободного и растворенного газа помещены рядом для удобства сравнения.

Для точного определения соотношений газовых компонентов необходимо каждый раз учитывать условия фазового равновесия газов. Так как практически это не всегда возможно, мы старались дать более широкие интервалы величин.

Под «свободными» газами мы подразумеваем так называемые «спонтанные» газы, выделяющиеся в свободном виде на поверхности земли. Данные здесь соотношения компонентов отвечают случаю, когда газ попадает на поверхность из газового месторождения, где он находился в свободном виде, или выделяется из водного раствора в небольшом количестве, не производя значительной дегазации воды, т. е. при соотношении дебитов газа и воды менее 5 : 1000.

Под «растворенными» газами мы понимаем газы, которые практически полностью выделены из водного раствора вакуумированием или нагреванием его, без фракционированного выделения газа; теми же соотношениями следует пользоваться, если газ самопроизвольно выделяется из воды в больших количествах, причем происходит естественная дегазация воды, т. е. при соотношении дебитов газа и воды более 1 : 2.

При промежуточных соотношениях газа и воды следует пользоваться переводными коэффициентами, как показано нами в предыдущей работе [5], исходя из формулы для пары газов А и В:

$$\frac{V_{1A}}{V_{1B}} = \frac{V_A}{V_B} \left(\frac{\alpha_B + n}{\alpha_A + n} \right),$$

где V_1 — приведенный объем компонента в газовой фазе; V — приведенный объем компонента, находящегося в системе газ — жидкость; α — коэф-

фициент растворимости Бунзена; n — соотношение дебитов газа и воды, принимая дебит воды за единицу.

По соотношению He/Ar ¹ природные газы здесь подразделяются по существу на две основные группы: современных и древних газов. Верхнюю границу «древних» газов мы старались провести так, чтобы она захватила границу образования нефтяных месторождений, т. е. приблизительно соответствовала дочетвертичным газам. При таком подразделении образуется промежуточная группа, которая включает в себе как четвертичные ископаемые газы, так и смешанные газы, произошедшие в результате поверхностного смешения древних, дочетвертичных, глубинных газов с современными поверхностными.

Для удобства пользования принята логарифмическая шкала, которая носит несколько условный характер. Строго говоря, современные газы характеризуются $He/Ar = 0,250\%$ для свободных и $0,075\%$ — для растворенных газов.

СХЕМА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ²

1. ГАЗЫ ГИПЕРГЕННОГО ТИПА, СВОБОДНЫЕ И РАСТВОРЕННЫЕ В ВОДЕ

Газопроявления на геологических платформах; развиты в зоне гипергенеза; участие метаморфических процессов маловероятно и ими можно пренебречь. Газы метаморфизма (возрождения) отсутствуют. Газы и воды образуют выходы на поверхность земли или в скважинах.

СВОБОДНЫЕ ГАЗЫ

Таблица I. $He/Ar < 0,4\%$

— *Современные (поверхностные) газы*

1. Горючие: А. Метановые. Б. Иного состава
2. Негорючие: А. Азотные. Б. Кислородные. Углекислые

Таблица II. $He/Ar 0,4\% — 4\%$

— *Смешанные (и четвертичные) газы*

1. Горючие: А. Метановые. Б. Иного состава
2. Негорючие: А. Азотные. Б. Углекислые

Таблица III. $He/Ar > 4\%$

— *Древние (дочетвертичные, глубинные) газы*

1. Горючие: А. Метановые. Б. Иного состава
2. Негорючие: А. Азотные. Б. Углекислые. В. Иного состава

РАСТВОРЕННЫЕ ГАЗЫ

$He/Ar < 0,09\%$

$He/Ar 0,09 — 0,9\%$

$He/Ar > 0,9\%$

Таблица I. СОВРЕМЕННЫЕ (ПОВЕРХНОСТНЫЕ) ГАЗЫ Связаны с поверхностной водой

Свободные газы	Растворенные газы
$He/Ar < 0,4\%$	$He/Ar < 0,09\%$

1. ГОРЮЧИЕ

А. Метановые

а. $TUV/CH_4 < 10^{-3}\%$,
обычно отсутствуют

$TUV/CH_4 < 10^{-3}\%$
обычно отсутствуют

¹ См. все примечания в пояснениях к таблицам в конце статьи.

Свободные газы	Растворенные газы
He/Ar < 0,4%	He/Ar < 0,09%

Примесь N_2O 10^{-3} — $10^{-2}\%$
 $Ar/N_2 > 1,4\%$

N_2O 10^{-3} — 10^{-2} мл/л воды
 $Ar/N_2 > 3,0\%$

В равновесии только с иловой водой, а не водой источника или водоема
 В иловых, гризонных водах, под льдом, в стоячих и малодебитных источниках
 Мощное развитие органического ила или гниющих остатков
 Присутствие C^{14}

Характерно отсутствие равновесия с свободным газом, с преобладанием в последнем CH_4 ; совместное присутствие CH_4 с O_2 ; обратная зависимость газонасыщенности от дебита или объема водоема
 Отсутствие связи с характером воды

— Иловые и болотные газы^{3,4}

По составу близки, часто содержат повышенное количество N_2 , связаны с торфяными отложениями

— Торфяные газы

Б. Иного состава

а. Содержат CO , C_2H_{2n} , SO_2
 Сопровождается NH_4Cl , S
 Обычно содержат O_2
 Рассеянные выходы по площади или трещинам
 Почва имеет повышенную температуру

Содержат CO , C_2H_{2n}
 Вода имеет кислую реакцию
 Повышенная температура
 Обычно сухие выходы

— Газы подземных пожаров

б. «Запахи» сложного состава
 Эфирные масла, терпены, кетоны и т. д. с концентрацией до нескольких процентов, обычно как примесь к воздуху; очень разнообразны, требуют изучения
 Обычное содержание горючих газов в подпочвенном газе $2 — 4 \cdot 10^{-4}\%$
 N_2O присутствует

Требуют изучения

— Поверхностные биогенные газы⁵

в. H_2S — служит показателем резко восстановительной среды и анаэробных процессов, обычно не более 10^{-3} — $10^{-2}\%$
 г. H_2 и CO — широко возникают, но тут же окисляются микроорганизмами
 Требуют изучения

Быстро окисляется; неустойчив; обнаруживается по запаху воды, при содержании в воздухе $\sim 2 \cdot 10^{-4}\%$

То же; требуют изучения

— В почвенных и иловых газах

2 НЕГОРЮЧИЕ

А. Азотные

а. Ar/N_2 1,4—0,9%
 N_2O 10^{-3} — $10^{-2}\%$
 $(CH_4$ 10^{-4} — $10^{-2})\%$
 CO_2 0,1—2% типично
 $O_2 < 20\%$
 Рассеяны или выделяются отдельными пузырьками

Ar/N_2 2,0—3,0%
 N_2O 10^{-3} — 10^{-2} мл/л воды
 $O_2 < 34\%$
 $CO_2 > 2\%$
 Газосодержание 15—30 мл/л воды
 В зоне сезонных колебаний уровня грунтовых вод

—Почвенный воздух

б. Состав близкий

Отдельные скопления до тысяч кубометров. Иногда дают мощное газовыделение

То же

Характерными являются скопления в зоне сезонных колебаний уровня грунтовых вод

—Газы сезонного погребения (захороненный воздух)⁶в. $Ar/N_2 \ll 0,9\%$

$Ar/N_2 \ll 2,0\%$
 $N_2 > 20$ мл/л воды

—Биогенный азот⁷

Б. Кислородные

а. Ar/N_2 1,4—0,9%

$O_2 < 21\%$
 He/Ar —0,247%
Характерные изотопные соотношения атмосферы:
 N^{14}/N^{15} —269
 O^{16}/O^{18} —489,3
 Ar^{40}/Ar^{36} —295,5
 He^3/He^4 — $1,3 \cdot 10^{-6}$
 C^{12}/C^{13} —89,6
 H^1/D^2 —4500

В открытых водоемах при t 20°C

Состав растворенного газа в равновесии с воздухом в процентах:

N_2 —63,0; Ar —1,62;
 CO_2 —1,37; $He(+Ne)$ — $1,2 \cdot 10^{-3}$;
 Ar/N_2 —2,52; He/Ar —0,074;
 O_2 —33,8 (переменно)

Газосодержание—при t 20°—19,2 мл/л

Газосодержание при 0°—29,6 мл/л в пресной воде

—Воздушные газы (растворенный воздух)⁸б. $O_2 > 21\%$ Ar/N_2 1,4—0,9%

Встречается мелкими пузырьками в воде, чаще на растениях

 $O_2 > 35\%$

В открытых водоемах, богатых зеленой растительностью, летом

—Кислород локализованного фотосинтеза⁸

В. Углекислые

Повсеместны в примесях до 5%; в высоких концентрациях неизвестны Биогенного происхождения

Повсеместны в примеси до 5%

Часто возникают при дегазации воды от разложения бикарбонатов Необходимо определение разных видов углекислоты химическим способом в месте взятия пробы

Таблица II. СМЕШАННЫЕ (И ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ) ГАЗЫ

Свободные газы	Растворенные газы
He/Ar 0,4—4%	He/Ar 0,09—0,9%

1. ГОРЮЧИЕ

А. Метановые

а. $TUV/CH_4 \approx 10^{-3}\%$

Обычно присутствуют

 $N_2O < 10^{-2}\%$ $Ar/N_2 > 1,4\%$ $TUV/CH_4 \sim 10^{-2}\%$

Обычно присутствуют

 N_2O 10^{-3} — 10^{-2} мл/л воды He/Ar растворенного газа $\approx 0,2$ — $0,4$ He/Ar свободного газа $Ar/N_2 > 3,0\%$

Вода по составу относится к верхним горизонтам грунтовых вод

—Газы погребенных илов и торфов

б. ТУВ/СН₄ < 10⁻³%
 N₂O 10⁻²—10⁻³%
 Ar/N₂ > 1,4%

Развитие органического ила, преимущественная приуроченность газа к нему

Периодическое газовыделение крупными пузырями

ТУВ/СН₄ < 10⁻²%

He/Ar в растворе > 0,4 He/Ar свободного газа

Заиленное дно бассейна

Ar/N₂ > 2,5%

Неравновесие газ—раствор, с преобладанием СН₄ в свободном газе
 Вода относится к типу глубинных

—Современное метанообразование в источнике глубинной (древней) воды

в. ТУВ/СН₄ > 10³%

N₂O < 10⁻³%

Ar/N₂ < 0,9%

Газовыделение мелкими пузырьками

Чистое дно бассейна

ТУВ/СН₄ > 10⁻²%

He/Ar в растворе < 0,4 He/Ar свободного газа

Ar/N₂ в растворе < 2,5%

Вода относится к типу поверхностных

— Просачивание древнего газа через верховодку

2. НЕГОРЮЧИЕ

А. Азотные

а. Сопровождаются водой

Отношение газ/вода мало ~ 1:500

1/Ar% ~ 1

Ar/N₂ 1,4—0,9%

N¹⁴/N¹⁵ ~ 269

N₂ 10—20 мл/л воды

Ar/N₂ 3,0—2,0%

Свободный газ — отдельными пузырьками или отсутствует

— Газы поверхностной (интенсивной) циркуляции (атмосферного происхождения)

Связаны с поверхностными грунтовыми водами, распространены повсеместно

Таблица III. ДРЕВНИЕ (ГЛУБИННЫЕ) ГАЗЫ

Вода по составу глубинного типа, свободные газы близки к равновесию с растворенными

Свободные газы	Растворенные газы
He/Ar > 4 %	He/Ar > 0,9 %

1. ГОРЮЧИЕ

А. Метановые

Давление свободного газа в пласте

P ~ 1/Ar % > 10 атм и приблизительно соответствует гидростатическому

Глубина возникновения газовой фазы

H ~ 10/Ar%

Ar/N₂ < 0,9%

(очень редко бывает > 1,4%, что чаще связано с выделением из раствора)

C¹⁴ отсутствует

Могут встречаться как примесь в малых количествах, но как поисковый признак на нефть подлежат особому изучению

N₂O — отсутствует

Ar/N₂ < 2,0%

— Газы глубинного происхождения (биогенные)⁹

а. ТУВ/СН₄ > 3%; тип 3 — 50%

Наиболее типично:

СН₄ > С₂Н₆ > С₃Н₈ > С₄Н₁₀

(СО₂ обычно < 10%)

Ar/N₂ < 0,9 (иногда бывает более 1,4).

Из скважины; естественные выходы редки

ТУВ/СН₄ > 5%

Ar/N₂ < 2,0

Вода часто хлоркальциевая, бикарбонатно-натриевая, бессульфатная, соленая, содержит нефтяные кислоты, фенолы, J, Br, NH₃

— Газы нефтяного типа

б. ТУВ/СН₄ мало — 10⁻²—0,2 до 3%

Повышение этого отношения обычно говорит о более тесной связи с нефтью

Ar/N₂ < 0,9

СН₄ > С₂Н₆ > С₃Н₈ > С₄Н₁₀

ТУВ/СН₄ мало — 10⁻²—0,5 (до 5)%

Ar/N₂ < 2,0

Вода застойного типа

— Газы газовых месторождений (без прямой связи с нефтью)

- в. $\text{TUV}/\text{CH}_4 < 10^{-2}\%$
 $\text{CH}_4 > \text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_3\text{H}_8 < \sum \text{TUV}$
 Обычно отсутствие C_3H_8
- $\text{TUV}/\text{CH}_4 10^{-2} - 10^{-1}\%$
 Вода мало минерализована
 NH_3 нехарактерен
 В области развития угленосных толщ

— Угольные газы

Б. Иного состава

- а. H_2 — характерен в газах месторождений калийных солей; встречается в замкнутых полостях изверженных пород и в некоторых нефтяных газах
 Не изучен
- Следует обращать особое внимание на правильность метода дегазации, не допуская контакта воды с металлом (особенно Al, Zn) во время опыта
 Не изучен
- б. H_2S обычен в $10^{-3} - 10^{-2}\%$; в палеозойских газах повышен до нескольких процентов и связан с процессом десульфуризации в присутствии органических (часто нефтяных) веществ
- Легко разлагается при хранении
 Биогенный H_2S характеризуется $\text{S}^{32}/\text{S}^{34} > 22, 30$,
 небиогенный — $\text{S}^{32}/\text{S}^{34} < 22, 20$

2. НЕГОРЮЧИЕ

А. Азотные

- а. $1/\text{Ar} \% \sim 1 (< 10)$
 Сопровождаются водой
 Отношение $\frac{\text{газ}}{\text{вода}}$ мало
 $\text{Ar}/\text{N}_2 1,4 - 0,9$
- $\text{N}_2 \sim 20$ мл/л воды
 $\text{Ar}/\text{N}_2 3,0 - 2,0$
 Свободный газ — отдельными пузырьками или отсутствует
 Вода — глубинного типа

— Атмосферные газы глубинной (замедленной) циркуляции

Говорят о выходе глубинных вод; в зонах разгрузки артезианских бассейнов; в тектонических трещинах; в глубоких разрезах; в таликах среди вечной мерзлоты и т. д.

При высоком значении He/Ar (большом эффективном возрасте) в древних породах — говорят о застойном режиме вод

При высоком значении He/Ar в молодых породах позволяет предполагать возможность пород, обогащенных U или Th. Заслуживают пристального внимания

- б. $\text{Ar}/\text{N}_2 \ll 0,9$
 Отношение газ/вода непостоянно
 Могут образовываться скопления
- $\text{N}_2 \gg 20$ мл/л воды
 $\text{Ar}/\text{N}_2 \ll 2,0$
 Вода застойного типа

— Биогенный азот

Говорит о далеко зашедшем процессе денитрификации и наличии органогенных веществ в породах; интересен в комплексе признаков нефти

Б. Углекислые

- а. CO_2 в 01 — 10% распространена повсеместно; повышенные концентрации обычно связаны с геосинклинальными областями и газами метаморфизма
 Иногда повышается в биогенных газах нефтяного типа (в грязевых вулканах до 92%)
- Распространены повсеместно; часто возникают за счет разложения бикарбонатов при дегазации; требуется определение разных типов углекислоты химическим способом при взятии пробы
 Биогенные продукты имеют $\text{C}^{12}/\text{C}^{13} 90,4 - 93$
 Небиогенные 88,4 — 90,2.

В. Иного состава

- а. O_2 требуют проверки указания на глубинный кислород (радиохимического происхождения)
- Обычно атмосферного происхождения, часто при взятии пробы. Возможность глубинного O_2 требует проверки.
 В атмосфере $\text{O}^{16}/\text{O}^{18} - 489,3$, в морской воде ~ 502 .

Пояснения к таблицам

1. На относительное накопление гелия по мере пребывания газа под землей, на фоне постоянного количества аргона указал Савченко [6], который предложил использовать это соотношение для определения «абсолютного возраста» газа. Козлов [3] дал видоизмененную формулу применительно к газу и воде. Мы [5] предлагаем называть возраст, полученный по этому методу, «эффективным возрастом».

2. В таблицах везде под «He» подразумевается сумма инертных газов (He + Ne), под «Ar» — сумма тяжелых инертных газов (Ar + Kr + Xe) и под «N₂» — так называемый «сырой азот», т. е. сумма азота и инертных газов (N₂ + I), что и определяется фактически на приборах в принятых методах газового анализа. ТУВ обозначает тяжелые углеводороды предельного ряда, ΣТУВ — сумму более тяжелых углеводородов.

3. На постоянную примесь N₂O в поверхностных газах, при отсутствии его в газах глубинных, указывает Герлинг [7] и Соколов [8].

4. Характерное отношение Ar/N₂ > 1,4% в иловых газах выведено по нашим данным [5]. На уменьшение этого отношения в глубинных газах биогенного типа указал Белоусов [2]. Редкое повышение его в нефтяных газах обычно связано с искажениями соотношения при выделении глубинного газа из воды, если имеется мокрый выход газа. Неясна роль термальных явлений. При малом количестве азота (< 5%) это отношение обычно определяется недостаточно точно.

5. Поверхностные биогенные газы «запахов» включены в таблицы именно для того, чтобы подчеркнуть необходимость их дальнейшего изучения; то же относится и к водороду.

6. Газы сезонного погребения образуются при попадании воздуха в почву при низком стоянии воды осенью, замыкаются там мерзлой почвой зимой. Во время половодья могут образовывать настоящие газовые фонтаны, выходящие под давлением, которые иногда путаются с глубинными газифонтанированием.

7. По величине Ar/N₂ можно рассчитать количество биогенного азота.

8. Под воздушными, атмосферными газами мы понимаем газы, произошедшие от внедрения равновесной атмосферы в зону литосферы и гидросферы. Атмосфера, независимо от ее происхождения, является постоянным источником питания ряда газопроявлений. В тех случаях, когда кислород в газах не связан с равновесной атмосферой, а получается из другого источника, мы говорим о локализованном процессе, несмотря на то, что весь кислород атмосферы имеет аналогичное происхождение.

9. Возможность определения приблизительной глубины существования свободной газовой фазы по 1/Ar% определяется (Савченко [6], Козлов [3]) из представления о равновесном с атмосферой распределении аргона и более точно выражается формулой:

$$\text{Давление свободного газа} = \frac{\% \text{ аргона в воздухе } (0,93)}{\% \text{ аргона в газе}}, \text{ что должно соответ-}$$

ствовать равновесному гидростатическому давлению. Поскольку (Соколов [8]) обычно замеряемое давление газового месторождения оказывается несколько ниже равновесного гидростатического давления, более точным и удобным оказывается формула $P \approx 1/Ar\%$, откуда глубина залегания свободного газа $H \approx 10/Ar\%$.

10. На характерное присутствие всех членов газообразных ТУВ в нефтяных газах в последовательно уменьшающемся количестве обратил наше внимание М. Г. Гуревич, который считает характерным для угольных газов выпадение средних фракций ряда. Это иногда не является математической закономерностью; но все же может служить одним из важных диагностических признаков. Он же указывает на появление тяжелоуглеводородной фракции в газах погребенных торфяников, в отличие от современных.

11. Изотопные соотношения в газах разного происхождения взяты главным образом из сводной работы Ранкама [9].

12. Для характеристики всех классов взяты наиболее типичные соотношения, которые выбраны из ряда работ (см. Савченко [6], Белоусов [2], Козлов [3], Соколов [8], Карцев, Табасаранский, Суббота и Могилевский [4], Ранкама [9]; они собраны трудами ряда авторов. Эти соотношения оправдываются в подавляющем большинстве случаев; наблюдаемые отклонения представляют особый интерес и, вероятно, позволят уточнить диагностику.

Вследствие того, что природные газы часто являются сложными смесями, обладающими высокой подвижностью, точные границы для отнесения газов к той или иной группе не могут быть указаны и неизбежно носят условный характер.

Дальнейшим развитием диагностической классификации должно быть расширение описания геологических условий, характерных для проявления разных газов, введение новых параметров для их характеристики и выделение не разработанных здесь классов.

Таким образом, предлагаемые таблицы не являются попыткой изобразить генетические взаимоотношения газов с принципиально новых позиций, а лишь дают ключ в руки геолога-геохимика для практического, а не

умозрительного, разделения различных типов газов, на основании выявления характерных свойств газовых ассоциаций.

На настоящем этапе изучения природных газов необходимость иметь такую возможность не вызывает сомнений.

ВЫВОДЫ

1. Предложены таблицы со сводкой наиболее характерных свойств природных газов гипергенного типа, позволяющих отличать их друг от друга по условиям образования.

2. Таблицы построены таким образом, чтобы их можно было использовать как определитель природных газов.

3. В основу таблиц положено соотношение микрокомпонентов, всегда присутствующих в газовых смесях, по которым можно представить себе генезис основных компонентов газа.

4. Предлагаемая схема названа диагностической классификацией газов.

Поступила в редакцию
30.X.1956

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В. И., О классификации природных газов, Сб. «Природные газы» № 2. Геолого-разведочное бюро газовых месторождений треста Стройгаз, ОНТИ, Л., 1931.
2. Белоусов В. В., Очерки геохимии природных газов, ОНТИ, Л., 1937.
3. Козлов А. Л., Проблемы геохимии природных газов, Гостоптехиздат, 1950.
4. Карцев А. А., Табасаранский З. А., Суббота М. И. и Могилевский Г. А., Геохимические методы поисков и разведки нефтяных и газовых месторождений, Гостоптехиздат, 1954.
5. Флоренский К. П., О соотношениях инертных газов и азота в природных газах, Изд. АН СССР, Геохимия № 3 (1956).
6. Савченко В. П., К вопросу о геохимии гелия, Сб. «Природные газы» № 9, ОНТИ, Л., 1936.
7. Герлинг Э. К. и Баркан В. Г., О содержании закиси азота в природных водах. Прикладная химия, 17, 6 (1944).
8. Соколов В. А., Очерки генезиса нефти, Гостоптехиздат, 1948.
9. Ранкама К., Изотопы в геологии, перев. под ред. И. Е. Старика, ИЛ, 1956.