

УДК 550.43+552.578.1

ГЕОХИМИЯ

Г. И. ВОЙТОВ, И. Я. ШИРОКОВА, В. Е. ДИНИСЕНКО,
А. Н. КАЦОНИС, Т. Л. СПЕКТОР

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГАЗОВ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ АМФИБОЛИТОВОЙ СЕРИИ КРИВОГО РОГА

(Представлено академиком В. И. Смирновым 16 XI 1971)

В литературе неоднократно отмечался парагенезис углеводородных соединений с рудной (преимущественно сульфидной) гидротермальной минерализацией. Элементы такого парагенезиса, в частности, описаны ранее Флоровской с сотрудниками ⁽¹⁾, Бескровным ⁽²⁾ и нами ⁽³⁾. Такой же парагенезис гидротермальной минерализации с битумоидами характерен для пород амфиболитовой серии в Кривом Роге.

Ранее было показано ⁽⁴⁾, что жильный кварц в амфиболитах Кривого Рога выделяется более высокой насыщенностью газами, содержанием и спектром их углеводородной составляющей по сравнению с газонасыщенностью и составом газа в амфиболитах. Аналогичное распределение битумов в Кривом Роге в породах той же серии найдено Флоровской и сотрудниками ⁽⁵⁾. Его механизм остается дискуссионным и, очевидно, может быть установлен только в плане выяснения условий образования включений гидротермальных минералов во вмещающие породы.

Нами рассматривается содержание и состав газов в кварцевых жилах и во вмещающих породах, расположенных на контактах с ними. Жилы имеют мощность от долей до 10—12 см; сложены крупнозернистым сливным кварцем. Они, как правило, пересекают и слоистость, и сланцеватость вмещающих пород. В экзоконтактах жил наблюдается ослуженение вмещающей породы. Жилы образовались позже основного этапа метаморфизма (амфиболизации).

Наиболее интересны наблюдаемые в породах амфиболитовой серии Кривого Рога количественные и качественные различия газов в зависимости от положения изученных образцов относительно кварцевых жил. Содержание некоторых (например, углеводородных газов) компонентов включенных газов (в пересчете на весовую единицу породы) в жильном кварце и амфиболитах отличается (табл. 1) на 1,5—2,0 порядка; интервал вариаций общей газонасыщенности пород значительно уже (0,23 см³/кг в амфиболитах и 3,46 см³/кг в жильном кварце суммы водорода, двуокиси углерода и углеводородов).

Таблица 1

Средний химический состав газов в гидротермальных образованиях и вмещающих их амфиболитах Кривого Рога *

Породы	Число образцов	Σ газов	H ₂	CO ₂	Σ углевод., н. 10 ⁻³	He
Амфиболиты плотные	20	0,23	$\frac{0,2271}{0,065}$	He обн.	$\frac{7,4301}{2,083}$	He обн.
Кварц	36	3,46	$\frac{0,7353}{0,2181}$	$\frac{2,65}{0,91}$	$\frac{769,6}{209,01}$	до $\frac{0,042}{0,01}$

* Над чертой — см³/кг, под чертой — %.

Существенны качественные различия состава газов. В амфиболитах включенные газы в основном (табл. 1) водородные; содержание углеводородов не превышает 2–3%. Газы жильного кварца преимущественно углекислые или водородно-углекислые; содержание углеводородов в их составе поднимается до 18–20%.

Такое размещение газов в породах и различия их химического состава может быть обусловлено особенностями собственно гидротермального про-

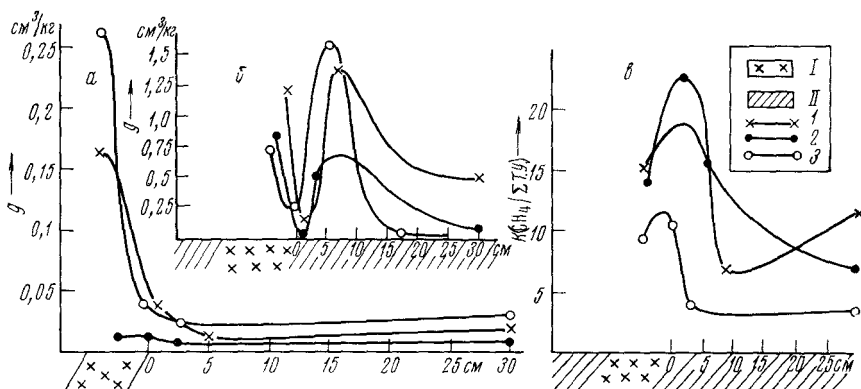


Рис. 1. Характер распределения газов в сечении жильный кварц (I) — вмещающие амфиболиты (II). а — распределение углеводородов, б — распределение водорода, в — изменение степени восстановленности углеводородов. 1—3 — номера разрезов (соответственно)

цесса, перераспределением газов после прекращения последнего и последующими реакциями в газовой фазе при участии вмещающей среды или комплексом перечисленного. На рис. 1а, б показано распределение водорода и суммы газов ряда метана в зависимости от положения конкретных образцов относительно кварцевых жил. Содержание углеводородов в жильном

Таблица 2

Средний химический состав углеводородов в гидротермальных образованиях и вмещающих их амфиболитах Кривого Рога *

Породы	Число образцов	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	изо-C ₄ H ₁₀	н-C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈
Амфиболиты плотные	20	2,05	0,0041	0,0001	0,0007	0,00005	0,049	0,05	Не обн.
		95,18	0,018	0,0046	0,032	0,0023	2,27	2,32	
Кварц	36	208,5	0,27	0,077	0,041	0,0015	0,008	0,012	0,076
		99,78	0,12	0,036	0,005	0,0007	0,003	0,005	

* Над чертой — 10⁻³ см³/кг, под чертой — %.

кварце в 10–15 раз превосходит их содержание во вмещающих амфиболитах, а спектр их значительно шире спектра углеводородов в амфиболитах; степень восстановленности углеводородов в кварце существенно выше (рис. 1в) по сравнению со степенью восстановленности углеводородов в амфиболитах.

Очевидно, в рассматриваемых случаях наблюдаемое распределение газов (в основном водорода) может обсуждаться, с одной стороны, в плане влияния гидротерм на подвижность компонентов (тепловое давление), обусловившего волну концентраций водорода на некотором удалении от контакта гидротермы с последующим понижением его содержания до фонового, а с другой — в плане влияния вторичных (наложенных) процессов в газовой фазе, обусловленных особенностями петрохимического состава и

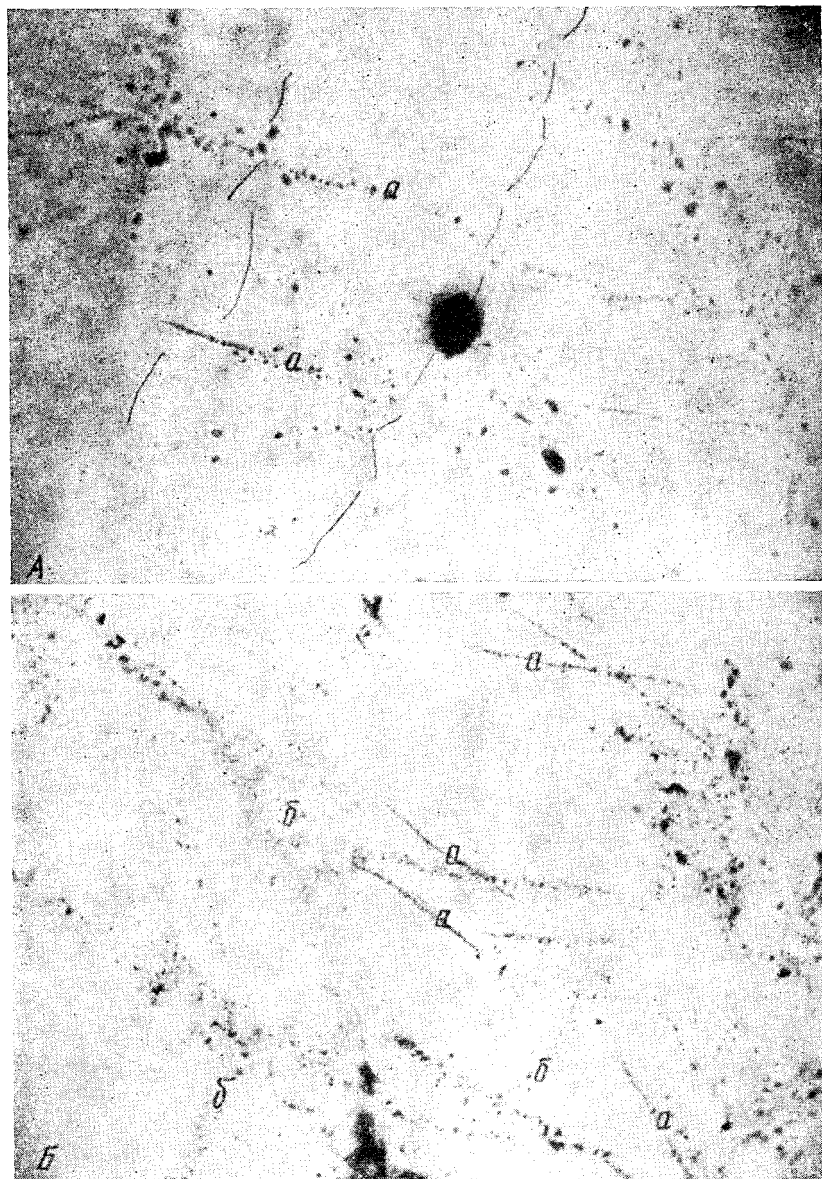


Рис. 2. Структура кварца и распределение газовой-жидких включений. А — стебельчатая структура кварца и газовой-жидкие включения по границам первичных зерен кварца, Б — распределение включений по границам первичных (а) и перекристаллизованных (б) зерен кварца

строением экзоконтактов кварцевых жил с вмещающей средой. Сильным аргументом в пользу последнего является приконтактная вторичная минерализация (ослюжение). Механизм ее возникновения определяется химической активностью гидротерм, выносящих наряду с другими соединениями также водородные (минеральные кислоты, углеводороды, а также свободный водород), при их взаимодействии с окружающими породами богатыми щелочноземельными элементами и кислородом, какими являются амфиболиты. При этом Mg, Fe и металлы группы железа могут выступать в качестве природных катализаторов в процессах полимеризации и деструкции углеводородов, которые приводят, с одной стороны, к появлению

некоторого количества свободного водорода, а с другой — к понижению степени восстановленности углеводородов алканового ряда и образованию олефинов, что и отмечается (рис. 1б); однако роль геохимического фактора, по-видимому, не является определяющей в локализации газов и формировании их химического состава.

Характер распределения включенных газов больше свидетельствует об их выносе гидротермами и последующем перераспределении в соответствии

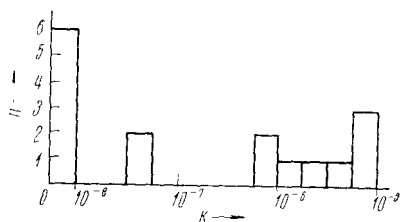


Рис. 3. Гистограммы рядов распределения проницаемостей горных пород

с перепадами концентраций по механизму кнудсеновского течения. О наличии газов в гидротермальных растворах, образовавших кварцевые жилы, свидетельствуют скопления газовой-жидких включений в кварце (рис. 2а, б). Их линейное расположение, не соответствующее современным формам кристаллов, указывает на ранний этап захвата газовой-жидких включений (при первичной кристаллизации кварца).

Обогащение кварцевых жил газами, очевидно, происходило также на более позднем этапе геологической истории амфиболитов за счет их поступления с глубины при тектонических подвижках. Последнее иллюстрируется данными микроскопического изучения жильного кварца, при котором отмечаются (рис. 2а) признаки его перекристаллизации, обусловленной поздним стрессом. Отмечается также (рис. 2б) развитие поздних газовой-жидких включений, образующих линейные скопления по новым границам кристаллов, сформировавшихся в процессе наложенной перекристаллизации. Влияние вторичных процессов четко проявляется в общей и активной пористости и проницаемости пород. На гистограмме (рис. 3) обобщены данные определений проницаемости пород амфиболитовой серии Кривого Рога. Отчетлива дифференцированность гистограммы; при этом породы с признаками гидротермальной минерализации локализуются по проницаемости в области значений 10^{-5} — 10^{-6} дарси, а плотные, без признаков вторичной минерализации, амфиболиты характеризуются проницаемостью, лежащей в интервале 10^{-7} — 10^{-8} дарси.

Таким образом, характер распределения газов в кварцевых жилах и вмещающих их амфиболитах свидетельствует о следующем.

1. Образование кварцевых жил происходило из растворов, обогащенных летучими соединениями.

2. Существующее распределение отдельных компонентов газов (водород, метан, тяжелые углеводороды) и особенности их химического состава являются следствием комплекса химических реакций в газовой фазе, обусловленных петрохимическим составом экзоконтактов, и физическими факторами — подвижностью компонентов, неоднородностью контактирующих сред и особенностями тепловых потоков.

3. Кварцевые жилы, обладающие более высокой проницаемостью по сравнению с вмещающими их амфиболитами, являлись наиболее благоприятными путями для газов, мигрировавших в период поздних тектонических движений.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт ядерной геофизики и геохимии
Москва

Поступило
5 XI 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Н. Флоровская, Вестн. Московск. ун-в., сер. Геология, № 5 (1967).
² Н. С. Бескровный, Тр. Всесоюз. нефт. н.-и. геол.-разв. инст., в. 258 (1967).
³ Н. С. Бескровный, ДАН, 122, № 1 (1958). ⁴ Г. И. Войтов, В. Е. Дини-сенко, ДАН, 194, № 3 (1970). ⁵ В. Н. Флоровская и др., ДАН, 199, № 1 (1971). ⁶ Г. И. Войтов и др., ДАН, 196, № 1 (1971).