

Г. И. ВОЙТОВ, В. С. ЛЕБЕДЕВ, Г. Б. КЛИМОВИЧ, И. А. ТАРАСОВ

О СОСТАВЕ ГАЗОВ КРИВОГО РОГА

(Представлено академиком В. И. Смирновым 6 I 1970)

Проявление природных концентрированных газов в пределах щитов и районов распространения изверженных и высокометаморфизованных пород неоднократно обсуждалось (¹⁻³ и др.). Наиболее часто они отмечались в рудниках. Поскольку наблюдаемые в горных выработках газодинамические эффекты обусловлены общими особенностями распределения газов в земной коре, в том числе углеводородов и водорода, указывалось, что потенциально газоносными могут быть железорудные месторождения Кривого Рога, где первое видимое проявление горючих газов было отмечено в 1957 г. (шахта им. В. И. Ленина).

За истекшие 10—12 лет глубина разработки богатых железных руд на рудниках Криворожского бассейна почти удвоилась; в то же время число случаев концентрированных проявлений природных газов сложного состава приближается к сотне, причем их количество и интенсивность увеличиваются с глубиной. Выделения газа в шахтах (им. В. И. Ленина, «Гвардейская», им. М. В. Фрунзе и др.) в основном отмечаются в подстилающих рудные тела осадочно-вулканогенных породах, однако наиболее часты они в амфиболитах, мощная толща которых залегает на размытой поверхности серии саксаганских гранитов. Возраст амфиболитов, определенный калий-аргоновым методом (по слодам), укладывается в пределы 1800—2100 млн лет. На амфиболитах залегают сланцеватые амфиболиты, сменяющиеся

Таблица 1
Средний химический состав диффузно-рассеянных газов (об. %) и газонасыщенность пород (см³/кг)

Породы	Число образ.	H ₂	CO ₂	Сумма у. г. × 10 ⁻³	Не
Сланцы биотитовые	14	0,055—1,312 (0,3167)	0,00—0,39 (0,036)	0,020—7,552 (1,4664)	Не обн.
		0,0233—1,3024 (0,5085)	0,00—0,48 (0,042)	0,0486—14,45 (2,038)	
Роговики силикатные (терминология местная)	13	0,000—0,855 (0,3212)	0,00—0,99 (0,08)	0,020—9,35 (1,4977)	* *
		0,000—3,4567 (0,9713)	0,00—2,72 (0,24)	0,0524—16,2 (2,7756)	
Роговики магнетитовые	15	0,000—0,493 (0,139)	0,00—0,29 (0,02)	0,020—4,150 (1,1775)	* *
		0,000—1,7269 (0,3422)	0,00—0,75 (0,05)	0,0314—25,67 (3,7577)	
Роговики гематитовые	6	0,1332—0,4896 (0,3539)	0,00—0,39 (0,11)	0,020—9,910 (0,3539)	* *
		0,3690—2,0775 (0,9218)	0,00—0,94 (0,20)	0,0936—9,910 (4,6005)	
Граниты	8	0,0284—0,0577 (0,0366)	Не обнаружено	0,020—0,360 (0,1737)	Следы
		0,0623—0,1354 (0,1055)		0,0419—0,9792 (0,5042)	
Амфиболиты	13	0,000—0,385 (0,065)	* *	0,020—20,18 (2,083)	Не обн.
		0,000—1,3115 (0,2271)		0,0153—21,79 (3,1622)	
Сланцы амфиболитовые	13	0,000—0,4752 (0,1876)	* *	0,020—6,430 (0,9539)	* *
		0,000—0,5925 (0,2374)		0,0625—2,4889 (0,5582)	
Кварц	8	0,000—0,5290 (0,2181)	0,00—5,45 (0,91)	0,160—1449,7 (209,01)	до 0,014 0,042
		0,000—1,8520 (0,7353)	0,00—17,8 (2,65)	0,213—5290,6 (769,6)	
Карбонатные породы	4	0,023—0,750 (0,3156)	Не обнаружено	0,120—37,63 (10,998)	до 0,134 0,520
		0,0372—5,056 (1,459)		0,144—494,07 (124,17)	

Примечание. у. г. — углеводородные газы. Разница между 100% и суммой газов составляет кислород, азот и аргон.

вверх по разрезу кварц-хлорито-цеолитовыми сланцами. К джеспилитовой формации, залегающей выше, приурочены месторождения Криворожского железорудного бассейна, перекрытые углисто-терригенной, углисто-карбонатной и молассовой толщами суммарной мощностью 4000—5000 м.

Нами изучались газы в исходящих вентиляционных струях некоторых шахт (им. В. И. Ленина, «Гвардейская» и др.), в скважинах, включенные в породы, а также концентрированные газы, выделяющиеся в атмосферу горных выработок из зон тектонических нарушений. Последние, как правило, проявляют себя совместно с хлор-натриевыми рассолами (минерализация до 80—90 г/л).

Оценки масштабов выходов природных газов в горные выработки, дающих, в частности, представление об интенсивности обменных процессов,

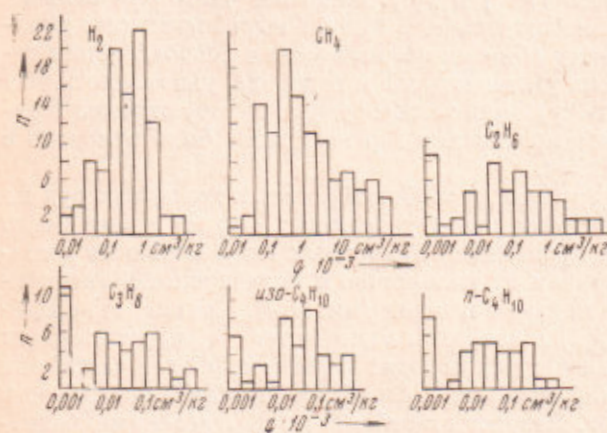


Рис. 1. Гистограммы рядов распределения газов, диффузно рассеянных в породах

известны (6, 7), однако они главным образом касаются природных газов угольных месторождений, в которых основными компонентами являются двуокись углерода и метан. В газах рудников Кривого Рога последний уступает место водороду. По предварительным данным, из отдельных шахт бассейна (шахты им. В. И. Ленина, «Гвардейская», им. М. В. Фрунзе) вместе с исходящими струями в атмосферу выбрасывается от 700 до 5500 m^3 водо-

рода и от 60 до 70 m^3 метана в сутки. По сравнению с масштабами обменных явлений в шахтах Донбасса эти цифры невелики, однако (поскольку явление наблюдается в пределах кристаллического щита) они дают известные представления об интенсивности чистых обменных явлений в пределах распространения консолидированной земной коры.

По химизму и особенностям связей со средой газы Кривого Рога можно разделить на две группы: 1) газы, диффузно рассеянные в породах, извлекаемые из них только путем тонкого измельчения образцов в условиях вакуума; 2) газы концентрированные, локализованные в тектонически ослабленных зонах, проявляющие себя в виде чистых струй сравнительно небольшой интенсивности.

Содержание включенных в породы газов и их химический состав (табл. 1, рис. 1) варьируют достаточно широко, однако интервал вариаций индивидуальных компонентов газа для минералогически однотипных групп пород снижается. Насыщенность пород углеводородами, за редким исключением, мала, составляя сотые и тысячные доли кубического сантиметра газа на 1 кг породы. Неоднородность содержания отдельных компонентов углеводородов в породах видна из сводных гистограмм распределений содержаний суммы углеводородов и их отдельных компонентов (рис. 1), построенных в логнормальных координатах (газонасыщенность индивидуальными углеводородами различных пород варьирует в пределах 2—3 порядков). Наиболее богат спектр углеводородов (до C_4 — C_6 , включая изомеры C_4 — C_6) у жильных разновидностей пород: у жильного кварца (особенно с включениями сульфидов) и кальцита, а также у мраморов и доломитов и иногда у магнетито-биотитовых роговиков. Жильные породы (табл. 1) также наиболее насыщены углеводородными газами: их количе-

ство нередко достигает 1 см^3 на 1 кг породы. Содержание водорода в составе диффузно-рассеянных газов, за редким исключением, более стабильно, составляя в среднем десятые доли кубического сантиметра на 1 кг породы.

Особенно бедны углеводородными компонентами газы, диффузно рассеянные в гранитах саксаганской серии. Из индивидуальных углеводородов в них найден только метан; содержание других углеводородов находится за порогом чувствительности ионизационно-плазменного детектора (менее $10^{-5}\%$ по объему). Близкий спектр углеводородов имеют также амфиболиты на участках, не затронутых процессами метасоматоза.

Наблюдается общая тенденция в увеличении содержания в однотипных породах углеводородов с глубиной, однако темп нарастания газонасыщенности пород различного петрохимического состава различный: например, у амфиболитов этот показатель (рис. 2) существенно выше, чем у роговиков. В этой связи укажем, что статистика спонтанных проявлений газов резко нарастает с глубиной: от единичных слабых проявлений на глубинах $500-600 \text{ м}$ до десятков проявлений свободных газов на глубинах $800-1000 \text{ м}$.

Газы, проявляющие себя в виде кратковременных интенсивных выделений в атмосферу горных выработок, а также в виде устойчивых выделений, наблюдаемых в отдельных случаях в течение многих месяцев и даже лет (выделение газов из тектонически ослабленных зон в амфиболитах на шахте им. В. И. Ленина, горизонт 825 м), по принятой классификации можно отнести к водородно-углеводородным со сверхвысоким первичным содержанием гелия. Их химический состав (табл. 2)

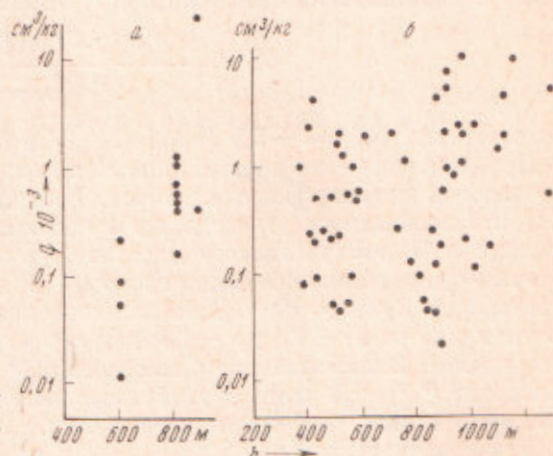


Рис. 2. Характер изменения газонасыщенности пород с глубиной: а — амфиболиты, б — роговики

Таблица 2

Состав газов, спонтанно проявляющихся в горные выработки рудников Кривого Рога и Хибин (об, %)

Место отбора	He	H ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀
1. Шахта им. В. И. Ленина, гор. 825 м, обгонная выработка рудничного двора	1,12	13,07	12,40	He обн.	71,40	1,638	0,168	0,018	0,0002
2. Шахта «Гвардейская», гор. 680 м, вабой клетового руд-двора южного ствола	0,14	19,08	40,20*	» »	39,60	0,365	0,0057	0,00131	0,00007
3. Хибинь, Рудник им. С. М. Кирова, наклонный ствол, штур 16	0,582	10,05	20,73	Следы	62,10	5,70	0,814	0,00485	0,00488

* Включая воздушный азот.

близок к составу газов Хибинских апатито-нефелиновых месторождений, однако в спектре углеводородов соотношение между отдельными компонентами существенно иное по сравнению с газами Хибин. По сути дела, это трещинные («блуждающие») газы, отличающиеся от газов, диффузно рассеянных в породах, относительно малым содержанием водорода, сверх-

высоким содержанием гелия, а часто — и более широким спектром углеводородов. Интенсивность проявлений сравнительно велика в момент вскрытия массива горными работами и резко снижается в течение непродолжительного времени. Проявления свободных газов из тектонических разломов происходят вместе с истечением рассолов хлорнатриевого типа (общая минерализация вод достигает 80—90 г/л). Интенсивность этих проявлений, в общем устойчивая, несколько колеблется во времени, по-видимому отражая общий характер сейсмической активности района.

Изотопный состав углерода суммы газообразных углеводородов изучался на двух образцах газа спонтанного проявления на шахте «Гвардейская» (горизонт 680 м, амфиболиты). Анализ производился на приборе МИ-1305 относительным компенсационным методом. Результаты, приведенные в виде значения величины δC^{13} относительно стандарта РДВ (%):

$$\delta C^{13} = \frac{C^{13}/C_{\text{обр}}^{12} - C^{13}/C_{\text{станд}}^{12}}{C^{13}/C_{\text{станд}}^{12}},$$

соответствуют $\delta C^{13} = -5,5$ (проба № 1) и $\delta C^{13} = -5,3$ (проба № 2).

Практически — это первые данные по изотопному составу углерода углеводородов метаморфических пород. Имеющиеся определения относятся (^{8, 9}) к газообразным углеводородам целочных пород Хибинского, Ловозерского и Иллимаусакского массивов, углерод газообразных выделений которых существенно обогащен изотопом C^{13} по сравнению с углеродом углеводородов Кривого Рога. Так, для свободных газов Хибинского массива δC^{13} изменяется от $-0,8$ до $-1,8$; для газовых включений Хибинского, Ловозерского и Иллимаусакского массивов δC^{13} изменяется от $-0,5$ до $-1,3$. Считается (^{8, 9}), что углерод углеводородов этих массивов генетически связан с эндогенным, глубинным, источником.

Углерод углеводородов Кривого Рога по изотопному составу близок к углероду метана нефтегазовых месторождений, т. е. в данном случае затруднительно говорить об его эндогенной, глубинной, природе.

Институт ядерной геофизики и геохимии
Москва

Поступило
3 I 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. А. Кудрявцев, Нефть, газ и твердые битумы в изверженных и метаморфических породах, 1959. ² И. А. Петерсилье, Геология и геохимия природных газов и дисперсных битумов некоторых геологических формаций Кольского полуострова, 1964. ³ А. И. Кравцов, Г. И. Войтов и др., ДАН, 177, № 5 (1967). ⁴ М. Н. Доброхотов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 4 (1969). ⁵ Г. И. Каляев, Тектоника докембрия Украинской железорудной провинции, 1965. ⁶ Н. М. Страхов, Бюлл. МОИП, отд. геол., 18 (1940). ⁷ Г. Д. Лидин, Газообильность каменноугольных шахт СССР, 1, 1949. ⁸ В. С. Лебедев, И. А. Петерсилье, ДАН, 158, № 5 (1964). ⁹ Э. М. Галимов, И. А. Петерсилье, ДАН, 176, № 4 (1967).