

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР  
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

# УГЛЕРОД И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ В ЭНДОГЕННЫХ ПРОЦЕССАХ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

(ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ  
В МИНЕРАЛАХ)

Тезисы Республиканского совещания (Львов, сентябрь 1975 г.)

ЛЬВОВ — 1975

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР  
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

550.4+549

# УГЛЕРОД И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ В ЭНДОГЕННЫХ ПРОЦЕССАХ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

(ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ  
В МИНЕРАЛАХ)

Тезисы Республиканского совещания (Львов, сентябрь, 1975 г.)

Львов — 1975



1338

## ОТ ОРГКОМИТЕТА СОВЕЩАНИЯ

Первое Республиканское совещание по проблеме «Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах)» проводится в соответствии с тематическим планом республиканских научных и научно-технических совещаний, конференций, съездов и семинаров Украинской ССР на 1975 г.

Проблема роли углерода и его соединений в процессах глубинного минералообразования является актуальной и важной для решения многих вопросов генезиса и пространственного размещения месторождений полезных ископаемых. Многочисленные факты обнаружения углеродсодержащих соединений (в том числе углеводородов) в реликтовых включениях минералообразующих флюидов еще не получили однозначной генетической интерпретации.

В этой связи целесообразно проведение широкого обсуждения фактических материалов и данных экспериментальных работ, характеризующих не только пространственную, но и генетическую связь углерода и его соединений с существенно водными эндогенными флюидами, обычно рассматриваемыми только с позиций рудогенеза.

Оргкомитет выражает надежду, что вопросы, нашедшие отражение в опубликованных тезисах, будут способствовать более глубокому подходу к генетической интерпретации результатов, полученных при изучении реликтов эндогенных флюидов, содержащих соединения углерода.

**Г. Б. НАУМОВ, О. Ф. МИРОНОВА, В. Б. НАУМОВ**  
(Институт геохимии и аналитической химии  
им. В. И. Вернадского АН СССР, г. Москва)

## **СОЕДИНЕНИЯ УГЛЕРОДА ВО ВКЛЮЧЕНИЯХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ КВАРЦЕВ**

Детальные физические и химические исследования газовой-жидких включений, проводящиеся в различных лабораториях мира, позволили обнаружить высокие концентрации соединений углерода в реликтах минералообразующих растворов. Эти исследования показывают, что одним из постоянных компонентов гидротермальных растворов, формирующих месторождения олова, золота, вольфрама, сурьмы, мышьяка, ртути и других металлов, является углекислота. Ее концентрация обычно не ниже 10 г/л, а нередко настолько значительна (от 50 до 400 г/л), что во включениях при температурах ниже 31°C фиксируется собственная фаза жидкой углекислоты. Кроме того, работы последних лет указывают на широкое участие в гидротермальном процессе и восстановленных форм углерода: метана и ряда других углеводородов (Д. К. Возняк, С. В. Икорский, В. А. Калюжный, З. И. Ковалишин, Р. С. Murray, В. Poty, J.—C Tougray, E. Roedder и др.).

Возможность существования углерода в разновалентных формах делает особенно актуальным вопрос о методах вскрытия газовой-жидких включений и интерпретации получаемых результатов. Термический метод вскрытия включений представляет опасность окисления восстановленных форм углерода вплоть до конечного продукта —  $\text{CO}_2$ . Свидетельством тому является установленное нами при газохроматографическом анализе изменение соотношения различных форм углерода при изменении температуры вскрытия и повышение содержания углекислоты в некоторых образцах кварцев, газовой-жидкие включения которых вскрывались при температурах 550—650°C. Точно также обнаружение в газо-

во-жидких включениях таких компонентов, как метан оставляет открытым вопрос: присутствовал ли углерод во включениях именно в этой форме или это соединение было синтезировано термическим разложением более сложных веществ.

Таковую же неопределенность оставляет и механический метод вскрытия включений, так как имеет место сдвиг газового равновесия от температуры образования до комнатной температуры, при которой проводится анализ. Кроме того, как показывают последние работы, при механическом методе вскрытия включений необходимо учитывать процессы сорбции газовых компонентов.

Несмотря на указанные неопределенности достоверным можно считать наличие как окисленных, так и восстановленных форм углерода, которые должны играть весьма существенную роль в процессах эндогенного минералообразования. Их роль будет сказываться прежде всего в стабилизации таких основных параметров минералообразующих растворов как кислотно-основной и окислительно-восстановительный потенциалы. Углекислота и ее соли, являющиеся слабыми электролитами во всей области гидротермальных процессов, будут играть роль кислотного буфера, регулируя изменение величины рН и определяя поведение всех других ионов, в том числе и рудных элементов. Соотношения соединений углерода разной валентности определяют величину редокс потенциала, регулируя поведение всех элементов переменной валентности, в том числе соотношение активностей сульфидной и сульфатной серы и кислорода, определяющих развитие рудного процесса.

Таким образом, более детальная расшифровка конкретных форм нахождения углерода является одной из основных задач дальнейшего изучения состава минералообразующих растворов.

УДК 549.0 : 549.88 + 552.578

**Ф. П. МЕЛЬНИКОВ**

(Московский государственный университет)

## **ЭНДОГЕННОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ И УГЛЕВОДОРОДЫ**

Многочисленные факты нахождения углеводородных соединений в пределах эндогенных месторождений полезных ископаемых свидетельствуют о том, что это явление не является случайным.

Объяснения этого явления тем, что происходит захват углеводородов из существующих залежей минералообразующими растворами на путях их продвижения и отложение их в местах локализации месторождений, или тем, что осуществляется синтез углеводородов на глубине и последующая их миграция к рудным телам, не могут быть признаны удовлетворительными. Рассмотрение всех факторов проявления углеводородов в процессе эндогенного минералообразования позволяет сделать вывод о том, что связь углеводородов и эндогенных месторождений носит сложный и разнообразный характер. В рассматриваемой проблеме можно выделить следующие вопросы:

1. Природные газы рудных месторождений. К настоящему времени выявлена приуроченность различных природных газов к разным типам рудных месторождений. Отмечается парагенезис отдельных газовых компонентов с металлами: ртутью, золотом, медью, железом и другими.

2. Жидкие и твердые битумы в рудных месторождениях. Значительное распространение в местах локализации рудных тел имеют различные твердые асфальтоподобные и жидкие углеводородные вещества, объединяемые под общим названием — битумы. Составлена схема проявления битумов на месторождениях различных генетических типов.

3. Включения углеводородов, нефти и битумов в эндогенных минералах. Особое место в рассматриваемой проблеме занимают газово-жидкие включения углеводородов и нефти в различных минералах: кварце, флюорите, топазе, кальците. Эти включения весьма разнообразны по фазовому состоянию. Составлена их классификация. С включениями этого типа проведены эксперименты при положительных и отрицательных температурах.

4. Роль углеводородов в эндогенном минералообразовании. Связь углеводородных соединений органических веществ с рудными месторождениями не ограничивается только проявлением природных газов или присутствием битумов в некоторых рудных месторождениях.

Повышены концентрации некоторых минералов в метаморфических породах обычно наблюдаются там, где имеются органические вещества.

В присутствии органического вещества образуются нерастворимые металлоорганические соединения. Значительное влияние углеводороды оказывают на окислительно-восстановительные реакции в минералообразующих растворах.

Таким образом, углеводородные соединения не только

совместно находятся с минералообразующими растворами на определенной стадии их эволюции, но и принимают непосредственное участие в процессах эндогенного минералообразования и по своей роли в этих процессах занимают третье место после воды и углекислоты.

УДК 553.061.0332(477.9)

**Г. М. ГИГАШВИЛИ, О. С. СТУПКА, А. М. ПЛОТНИКОВ**  
(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых  
АН УССР, г. Львов)

### **УСЛОВИЯ МИГРАЦИИ И ЭВОЛЮЦИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФЛЮИДОВ ПО ЖИДКИМ ВКЛЮЧЕНИЯМ УГЛЕВОДОРОДОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МИНЕРАЛАХ ГОРНОГО КРЫМА**

В Горном Крыму отмечается четкая локализация нефтегазопроявлений в двух районах: 1) Оползневое — Фрунзенское и 2) Феодосия—Планерское, где они фиксируются в виде насыщения пород нефтью, проявлений в скважинах и грязевых сопках, включений минералов из группы каустобиолитов нефтяного ряда в эффузивных и интрузивных породах (Ладыженский, Плотников, Ступка, 1967). В геологическом строении первого участка основное место принадлежит среднеюрской вулканогенной толще, которая находится в сложных тектонических соотношениях с вмещающими породами таврической свиты, нижней и средней юры и характеризуется резко выраженным блоковым строением. Она состоит из туфов и туфобрекчий, с подчиненными потоками спилитовых и кератоспилитовых порфиритов, диабазовых и авгитовых порфиритов. Породы таврической серии местами прорваны крупными дайками альбитовых порфиритов, диабазов. Летом 1974 г. на этом участке в районе мыса Ифигении был обнаружен валун диабазового порфирита размером 30×40 см, трещины и жеоды которого были заполнены легкой нефтью\*.

Стенки жеод сложены халцедоном, на который внутри полости нарастают щетки кварца и друзы кальцита. В кристаллах кварца и кальцита наблюдаются включения жидких

\* Проявления нефти в диабазах этого района были обнаружены впервые Маликовым А. В.

битумов, а также водных растворов с примесью битумов. Размеры включений лежат в пределах 0,1—0,005 мм. По генезису, морфологии, фазовому составу и другим свойствам выделено 10 типов включений, результаты исследования которых можно интерпретировать следующим образом.

После отложения наиболее поздних ритмов халцедона произошел существенный сдвиг физико-химических условий минералообразования, обусловленный поступлением нагретых углеводородсодержащих флюидов по системам возникающих трещин. Это вызвало частичное растворение и перекристаллизацию внешних зон халцедона с образованием кристаллов кварца, в которые оказались замкнутыми реликты халцедона и первичные включения водных растворов с растворенными углеводородами. Флюид в этот момент имел жидкое агрегатное состояние, температура его была не ниже 280°C. Последующие зоны кварца, достигающие в более спокойных условиях, захватывают в виде включений только углеводородную фазу. Температура среды в это время не ниже 115°C, а давление не меньше 70 атм. Со временем во флюиде появляются разобщенные углеводородные фазы: смесь метана (основной компонент) с его первыми гомологами и маслянистая нефть (их реликты представлены сингенетичными разнонаполненными включениями). Температура в то время была не ниже 112°C, давление не меньше 400 атм. Температура образования самых внешних зон кристаллов кварца, судя по включениям углеводородов, не ниже +75°C. Продолжают сосуществовать две углеводородные фазы: легкая (в основном метан) и тяжелая. Ориентировочное давление, установленное по плотности метана, 600—700 атм.

Впоследствии углеводородная составляющая флюидов утяжеляется, однако, в них по-прежнему сосуществуют две углеводородные фазы. Тяжелая фаза представлена нефтью коричневого цвета (во включениях), реликты которой захватываются в виде первичных межкристалльных включений. Легкая фаза в межкристалльных включениях не сохраняется, а захватывается только в виде вторичных включений по залеченным трещинам. Минимальное давление в минералообразующей среде в это время 350—400 атм. С этой последней, установленной по включениям, стадией связано образование кристаллов позднего кальцита в жеодах и миндалинах породы.

Таким образом, по реликтам минералообразующих сред устанавливается эволюция состава углеводородных флюидов.

дов, их утяжеление в связи с отделением более летучих легких компонентов, их гетерогенизация при изменении температуры и давления. Миграция углеводородов в описываемых породах началась уже после прохождения этими породами стадии хлоритизации и карбонатизации.

УДК 553.982.061.33

**В. В. ЗОЛОТУХИН, Ю. Р. ВАСИЛЬЕВ**

(Институт геологии и геофизики СО АН СССР, г. Новосибирск)

### **К ПРОЯВЛЕНИЯМ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА В УЛЬТРАОСНОВНЫХ И ЩЕЛОЧНО-УЛЬТРАОСНОВНЫХ ПОРОДАХ СЕВЕРА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

Как известно, проявления углеводородов широко распространены не только в Тунгусской синеклизе (Гольдберг, Макаров, 1966, Гольдберг, 1967), но и в дайках щелочно-ультраосновных пород Маймеча-Котуйской провинции. Указывалось, что часто в подобных дайках присутствует «вся гамма битуминозных веществ — от керита до легкого битума», в том числе каплевидные и пленочные включения битума в зернах кварца, свидетельствующие о поступлении его совместно с кварцобразующими растворами. Случаи поступления нефти в гидротермальных растворах фиксируются также в кварцево-барит-кальцит-сульфидных жилах и прожилках Тунгусской синеклизы, содержащих гатчетиты ( $C_{24}H_{50}$ ). Авторы этих наблюдений склонны объяснить их появление длительным процессом миграции нефтяных флюидов вдоль зон нарушений, начавшимся еще в период гидротермальной постмагматической деятельности, и прерывистым многостадийным поступлением битумов на фоне вспышек трещинообразования (Гольдберг, Макаров, 1966, Гольдберг, 1967). В то же время в литературе появились интересные данные о присутствии в таких заведомо глубинных породах, как альпинотипные гипербазиты, не только водорода, но и углеводородов (Агафонов, Андреева, 1973). Было интересно сравнить с ними данные по газовому составу ультрабазитов Маймеча-Котуйской провинции.

Состав газов в том и другом случае после деструкции пород в вакуумированных медных барабанах вибрационной мельницы определялся хроматографически (Молчанов, Гордеева и др., 1971). Как можно видеть из сопоставления данных, приведенных в таблице, в отличие от дунитов Чукотки

в дуните Гулинского плутона простейшие углеводороды отсутствуют, а углерод присутствует лишь в составе углекислоты, резко преобладающей над водородом. В оливините интрузии Кугда также обнаружены лишь  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ , но в составе газовой фазы уже резко преобладает водород, как и в серпентинизированном троктолите Чукотки. На порядок больше масса газа чисто водородного состава определена в дайковом меймечите Гулинского плутона. По массе газа дуниты и оливиниты Маймеча-Котуйской провинции приближаются к габбро-норитам, сопутствующим альвинотипным гипербазитам Чукотки, в составе газовой фазы которых, кроме водорода, присутствует еще и метан, составляющий более половины объема.

Таблица \*

Компонентный состав газов сопоставляемых ультрабазитов

№ обр.	Порода	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CO}_2 + \text{SO}_2$	$\text{H}_2$	Сумма газов (см <sup>3</sup> /кг)
<b>Север Сибирской платформы</b>							
903а	Дунит Гулинского плутона	н.о.	н.о.	н.о.	0,11 84,6	0,02 15,4	0,13 100,0
815	Оливинит интрузии Кугда	н.о.	н.о.	н.о.	0,03 9,1	0,30 90,9	0,33 100,0
Ж-1	Меймечит Гулинского плутона	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	3,44 100,0	3,44 100,0
<b>Анадырско-Камчатская складчатая зона</b>							
По данным Агафонова, Андреевой (1973)	Дунит (среднее)	3,03 84,9	0,22 6,10	0,09 2,52	—	0,23 6,45	3,57 100,0
	Троктолит, частично серпентинизированный	сл.	—	—	0,08 1,20	5,62 98,8	5,70 100,0
	Габбро-норит	0,20 52,6	—	—	—	0,18 47,4	0,38 100,0

Макроскопических выделений битумов в указанных ультрабазитах Маймеча-Котуйского района нами не отмечалось. Что касается упоминавшихся ранее битумсодержащих

\* Приводимые в таблице результаты по нашим образцам пород были получены А. В. Агафоновым, которому авторы выражают свою благодарность.

щелочно-ультраосновных пород, то подобные выделения битумов нами наблюдались в обнажениях по правому берегу р. Котуй ниже устья ручья Кугда-Юрях. Здесь в маломощной субвертикальной дайке анкаратритов, прорывающей нижнепалеозойские карбонатные отложения, как в полостях в самой дайке, так и в присутствующих в ней ксенолитах известняков обнаружены скопления черного вязкого битума керитового типа. Изотопный состав углерода битума и известняка из ксенолита оказался близким (аналитик Е. Ф. Доильницын, ИГиГ СО АН СССР).

Таким образом, возможные предположения о глубинном источнике углеводородов, судя по фрагментарным исследованиям ультрабазитов Маймеча-Котуйской провинции, как для газов, так и для битумов для этого региона пока не находят подтверждения, но подобные исследования целесообразно продолжать.

УДК 550.4 : 550.42 : 549.451.1

**О. И. ПЕТРИЧЕНКО, Б. В. ДОЛИШНИЙ, И. М. СВОРЕНЬ**  
(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых  
АН УССР, г. Львов)

## **СОЕДИНЕНИЯ УГЛЕРОДА ИЗ ВКЛЮЧЕНИЙ В ГАЛИТЕ**

Исследовался газ из включений в галите метаморфизованной каменной соли некоторых солянокупольных структур (Адамовской, Бугаевской, Петровской, Лозовеньковской, Бантышевской и Ново-Дмитриевской) юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины. Метаморфизация галогенных пород связана с процессами проникновения глубинных термальных металлоносных растворов по тектоническим нарушениям, которые в большинстве своем ограничивают соляные штоки. В связи с этим пробы отбирались по их периферии на глубине 500—950 м, где воздействие гидротерм на каменную соль сказалось максимально. Полученные данные сравнивались с аналогичным материалом по породам из центральной части солевых тел.

Термодинамические условия гидротермального рудообразования во времени характеризовались постепенным снижением температуры от 400—350°C до 50°C и давления от 600—500 до нескольких десятков атмосфер. Циркулирующие рассолы соответствовали хлор-кальций-натриевого типу. Состав газа эволюционировал от сложного (углекислый газ,

метан, тяжелые углеводороды, сероводород, азот, водород) к простому (метан и углекислый газ). В целом, к концу гидротермального процесса роль углеводородов неизмеримо возрастает, о чем свидетельствуют включения нефти в низкотемпературных минералах (кальците, кварце).

Соединения углерода изучались в первичных индивидуальных включениях размером от 10 до 200 мк путем применения масс-спектрометрического химического анализа, абсорбционного метода и с помощью люминесцентного микроскопа. Были установлены химический состав газов и растворов, давление внутри включений, температуры гомогенизации и другие параметры.

Выявлено закономерное изменение соединений углерода во включениях по мере удаления от приконтактной зоны. Непосредственно у контакта с рудными зонами включения в галите существенно газовые; на долю углекислого газа приходится 80—95%, метана лишь 0,1—0,5%. По мере удаления от приконтактной зоны содержание метана возрастает до 35—45%, углекислого газа — соответственно снижается до 40—55%. В центральной части солевых штоков газ является составной частью газовой-жидких включений и состоит на 50—60% из метана и на 10—20% из углекислого газа, эпизодически во включениях встречаются жидкие углеводороды. В целом, для каждого солевого штока характерно свое соотношение основных газовых компонентов (углекислого газа, метана, азота, водорода). Например, газы Бантышевского купола состоят из углекислого газа и азота, содержание метана ниже 1%. Состав газа Лозовеньковского купола представлен азотом (50—80%) и метаном. Давление газа внутри включений при нормальной температуре, как правило, не соответствует литостатической нагрузке вышележащих толщ. У контакта эта величина составляет 180—350 атм, ближе к центру солевых штоков давление снижается до 60—100 атм.

Происхождение газов связано с эволюцией пород солевых штоков. Большая часть азота и водорода, по-видимому, является продуктом разложения органических веществ древних эвапоритов. Присутствие метана и тяжелых углеводородов связано с проникновением их из вмещающих пород в период формирования солевых штоков. Углекислый газ образовался в результате термального воздействия на каменную соль.

Проведенные работы имеют практическое значение при выяснения природы газов в девонской каменной соли нефтегазоносных районов Днепровско-Донецкой впадины и в свя-

зи с разработкой геохимических критериев для поисков эндогенных рудных проявлений, приуроченных к солевым штокам.

УДК 549.74+546.26

**С. В. СОКОЛОВ**

Всесоюзный научно-исследовательский институт  
минерального сырья, г. Москва)

## **ЭНДОГЕННОЕ УГЛЕРОДИСТОЕ ВЕЩЕСТВО ВО ВКЛЮЧЕНИЯХ МИНЕРАЛОВ КАРБОНАТИТОВЫХ МАССИВОВ**

Накопленные к настоящему времени данные указывают на связь углеродистых веществ (углеводородных газов и битумов) с породами и минералами, слагающими ультраосновные, щелочные и карбонатитовые массивы.

При изучении включений в кальците, апатите, нефелине и шпроксене из карбонатитовых образований Якутии и Кольского п-ва автором установлена черная «битуминозная» фаза. В процессе микротермометрических исследований в первичных включениях было зафиксировано: 1) частичная гомогенизация с растворением газового пузырька в жидкости в довольно широком интервале температур для включений одного сообщества, 2) перетложение «битуминозной» фазы с проникновением ее в интерстиции между кристаллическими фазами и растеканием по стенкам вакуолей, 3) необратимые изменения (разложение?) некоторых составляющих законсервированных субстанций, что проявляется в потемнении жидких фаз и отсутствии гетерогенизации после охлаждения, 4) разгерметизация части включений до наступления полной гомогенизации, сопровождаемая выделением газообразных продуктов, а иногда также твердых асфальтоподобных веществ на неровностях рельефа полостей. Подобные преобразования отмечались Н. Г. Закржевской и С. В. Икорским во включениях минералов, содержащих газообразные и жидкие углеводороды и битумы. Сказанное позволяет с большой долей вероятности говорить о присутствии углеродистых соединений во включениях минералов из карбонатитовых образований.

Диагностика битумов была проведена нами под люминесцентным микроскопом. В сине- и ультрафиолетовых лучах битуминозные фазы светятся желтым и реже, голубым

цветом, что указывает на наличие в их составе осмоленных и маслянистых групп.

Установление углеродистого вещества в сингенетичных включениях минералообразующих субстанций указывает на его абиогенную природу. В пользу этого также свидетельствует отсутствие органического углерода во вмещающих некоторые массивы породах, а также изотопный состав углерода углеводородных газов и битумов (по данным Э. М. Галимова и И. А. Петерсилье). Глубинный (мантийный) источник углеродистых соединений, обнаруженных в минералах карбонатитов, доказывается приуроченностью массивов рассматриваемого типа к зонам глубинных разломов, которые явились путями подъема подкорových выплавов, и особенностью состава флюидов (существенно преобладают  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  при резком дефиците  $H_2O$  и  $CO_2$ ), сопровождающих ультраосновной-щелочной магматизм.

Согласно экспериментальным данным при температурах формирования щелочных пород и ранних карбонатитов ( $800-400^\circ C$ ) возможен синтез из  $CO$  и  $H_2$  газообразных и жидких углеводородов, которые под каталитическим влиянием силикатов полимеризуются с образованием твердых битуминозных продуктов. Подобные процессы приводят к необратимым изменениям захваченного минералообразующего флюида. Следствием этого является значительное колебание в фазовом составе включений, преждевременная декрепитация и, главное, существенное отличие температуры гомогенизации от истинной температуры кристаллизации минерала, что зачастую не учитывается при термометрических исследованиях.

УДК 549.514.51 (470.21)

**А. В. ВОЛОШИН, И. В. ДАВИДЕНКО С. В. ИКОРСКИЙ**  
(Геологический институт Кольского филиала АН СССР,  
г. Апатиты)

## **ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА С ПРОЦЕССАМИ ОБРАЗОВАНИЯ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ**

На примере гранитных пегматитов докембрия Кольского полуострова показана информативность газовой составляющей твердых минеральных фаз пегматитовых тел в отношении прошлого силикатных систем. В качестве минерала-

Вариации содержаний углеродных соединений в кварце гранитных пегматитов докембрия Кольского полуострова (см<sup>3</sup>/кг)

Гранитные пегматиты	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
Безрудные «фоновые» пегматиты среди кианитовых гнейсов докембрия	6,94—16,02	1,0148—3,0694	0,0511—0,1198
Мусковитовые пегматиты (промышленные тела) без берилла	0,89—6,12	0,1612—0,5418	0,0051—0,0173
Мусковитовые пегматиты (промышленные тела) с бериллом	5,38	0,0946	0,0003
Редкометалльные поллуцитовые пегматиты	23,96—26,00	0,046—1,576	0,013—0,030
Сподуменовые пегматиты с танталитом	33,00—100,00	0,92—2,400	0,013—0,30
Сподуменовые пегматиты с колумбитом	3,16—8,90	0,02—0,10	следы
Керамические пегматиты с обильной ортитовой и циркон-монацитовой минерализацией	5,44—15,62	0,009—0,13	0,0002—0,05
Внутригранитные пегматиты (потенциально хрусталеносные)	4,23	0,165	0,0044

газоносителя выбран кварц. Суммарное газонасыщение по 33 образцам кварца из пегматитов различных промышленных типов и различной рудоносности варьирует от 1 до 100 см<sup>3</sup>/кг. В составе газов в различных соотношениях установлены CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>. Извлечение газов производилось в вакуумной мельнице, анализ — на хроматографических газоанализаторах.

Главными углеродными соединениями являются CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. Вариации содержаний этих газов в кварце различных пегматитовых тел приведены в таблице. Повышение содержания углеводородов в кварце безрудных «фоновых» пегматитов и пегматитов внутригранитных, но лишенных пьезооптических минералов, объясняются влиянием вмещающих пород («фоновые» пегматиты) и способностью силикатных расплавов обособлять углеродные соединения. В редкометалльных пегматитах закономерно возрастает содержание CO<sub>2</sub> в кварце пегматитовых тел со все более сложной минерализацией — от сподуменовых пегматитов к танталитовым и поллцитовым. Исследование поведения газовой составляющей силикатных фаз пегматитов указывает на возможность выработки поисковых и оценочных критериев рудоносности гранитных пегматитов: интенсивность танталовой и цезиевой минерализации в телах отражается повышенным содержанием CO<sub>2</sub> в кварце.

УДК 553.31

**Л. Н. ХЕТЧИКОВ, Б. А. ДОРГОВИН**  
(Всесоюзный научно-исследовательский институт синтеза  
минерального сырья, г. Александров)

## **РОЛЬ УГЛЕКИСЛОТЫ В ФОРМИРОВАНИИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД АРХЕЯ**

1. В минералах глубокометаморфизованных пород архея Якутии, Скандинавии, Африки, Антарктиды и других территорий широко распространены включения с жидкой углекислотой. В более молодых породах этих же регионов в том числе и в протерозойских, включения с жидкой углекислотой почти не встречаются.

2. Плотность углекислоты во включениях находится в зависимости от условий метаморфизма и понижается от гранулитовой к амфиболитовой фации. Рассчитано парциальное давление углекислоты для различных фаций метаморфизма,

которое составляло для гранулитовой фации 5—6 кбар, а для амфиболитовой 1,5—3 кбар.

3. Присутствие углекислоты в процессах метаморфизма повышает температуры плавления пород, например мигматитов и гранитов на 100—150°C по сравнению с имеющимися данными изучения минеральных парагенезисов.

4. Активное участие углекислоты в процессах метаморфизма пород в архее можно объяснить, в соответствии с представлениями Д. С. Коржинского, декарбонатизацией пород под влиянием высоких «нагрузок».

5. Формирование более поздних по сравнению с архейскими метасоматических пород и кварцевых жил происходило в других условиях при участии уже углекислородных растворов и при более низких давлениях и температурах растворов.

УДК 541.124.7 + 549.88 + 542.978 + 550.41

**В. К. КАРЖАВИН, И. А. ПЕТЕРСИЛЬ**

(Геологический институт Кольского филиала АН СССР  
г. Апатиты)

## **О ВОЗМОЖНОЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОРОД И МИНЕРАЛОВ ИНТРУЗИВНЫХ МАССИВОВ С ИХ ЩЕЛОЧНЫМ КОМПОНЕНТОМ**

В результате многолетних исследований газовой составляющей пород и минералов щелочных интрузивных массивов, расположенных в различных геологических условиях, но сходных по своему химизму: Хибинского и Ловозерского (Кольский полуостров), Кня-Шалтырского и Средне-Татарского (Сибирь) и Илимауссакского (Гренландия), — установлено присутствие больших содержаний углеводородных соединений (метан, его гомологи и др.) в составе газовой фазы. Наряду с газами в породах и минералах этих массивов обнаружено рассеянное битуминозное вещество нафтоидного типа сложного состава.

Углеводородные газы находятся во включениях, а битуминозное вещество как во включениях, так и в дисперсном состоянии. Изотопные исследования углерода подтвердили предполагаемую их *абиогенную природу*. Характер распределения изотопа углерода  $C^{13}$  в ряду метан—сложное органическое вещество битума позволил считать возможным протекание процесса синтеза в природных условиях от простейших форм углеводородных молекул к сложным. Присутст-

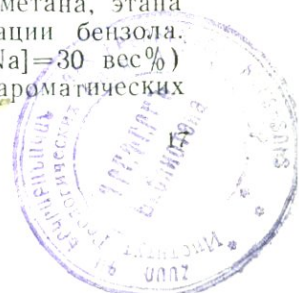
вне в большом количестве углеводородных соединений только в породах и минералах щелочных массивов объясняется специфичностью щелочной магмы, обусловленной очень низкой величиной парциального давления кислорода. Действительно, исследования, проведенные на ЕВМ, показали важность общего давления и парциального давления кислорода при синтезе и последующем существовании углеводородов в области высоких температур. Однако возможную роль щелочей в этом процессе оценить теоретически оказалось трудно.

Для выяснения этого нами было проведено исследование термического превращения предельного углеводорода в расплаве щелочных систем в интервале 400—800°C в бескислородной среде. Концентрация щелочи (натрий) в исходной смеси изменялась от 41.51 до 55.83 вес.%. Эксперимент проводился в кварцевых ампулах, помещаемых в стальные тигли. Время опыта 1,5 часа. Параллельно изучалось контрольное разложение углеводорода.

Образовавшиеся в результате крекинга гептадекана ( $C_{17}H_{36}$ ) газообразные продукты в области высоких температур в 10—15 раз превышали объем ампул, причем количественно газовая фаза контрольного опыта всегда превышала продукты разложения в присутствии расплава. Установлено, что область существования метана, его гомологов и непредельных углеводородов состава  $C_2—C_5$  на контакте с щелочным расплавом оказалась выше на 150—200°, чем в контрольном эксперименте. Образование твердой фазы, в виде отложений аморфного углерода, также осуществлялось более интенсивно в контрольной серии опытов.

С целью оценки вклада натрия расплава в установленном явлении торможения (ингибирования) крекинга органического вещества было проведено исследование, в котором использовалась неорганическая модель с изменяемой концентрацией щелочи. Набор компонентов в этой серии экспериментов можно представить в виде сложной системы:  $C_{17}H_{36}—CaCl_2—NaCl—NaF$ . Температура опыта 700 и 800°C.

Результаты данных экспериментов показали определенную зависимость количества образующейся газовой фазы и ее состава от содержания натрия в исходной неорганической смеси, особенно при 800°C. При этом наблюдается закономерное снижение объема газа, содержания метана, этана и водорода и некоторое возрастание концентрации бензола. Анализ остаточной жидкой фазы ( $T=700^\circ C$ ,  $[Na]=30$  вес%) позволял установить присутствие в ней ряда ароматических



углеводородов наряду с предельными углеводородами состава  $C_{20}$  и выше (при исходном  $C_{17}$ ).

Таким образом, в результате проведенных экспериментов термического влияния на разложение органического вещества в щелочном расплаве установлено торможение (ингибирование) процесса крекинга последним. Ингибитором данного процесса является натриевый компонент используемой неорганической смеси. Аналогичность состава газовой фазы (без ингибитора и в его присутствии) говорит о протекании радикально-цепного процесса крекинга гептадекана. Характерной особенностью изученного процесса является возможность образования более крупных парафиновых структур, по сравнению с исходной, в области высоких температур.

УДК 553.2.45

**Е. И. ДОЛОМАНОВА, И. В. БОГОЯВЛЕНСКАЯ, Р. В. БОЯРСКАЯ,  
Е. В. ВЛАСОВА, А. Р. ГРОШЕНКО, Л. П. НОСИК**

(Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии АН СССР, г. Москва;  
Московский государственный университет)

### **ФОРМА НАХОЖДЕНИЯ УГЛЕРОДА В МИНЕРАЛАХ ОЛОВОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

1. В зарубежной и отечественной литературе отмечается присутствие в вакуолях минералов оловорудных месторождений только углекислоты.

2. Нашими исследованиями, кроме углекислоты, в минералах оловорудных месторождений обнаружены еще  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $CH_3X$  (где  $X=F, Cl$ ),  $CN$ .

а) Углекислота в жильном кварце и касситерите присутствует в жидкой и газовой фазах. В кварце в вакуолях она находится в обоих состояниях, а в каналах — только в газообразном виде. Количество углекислоты в вакуолях зависит как от литологического состава пород, так и от температуры и давления, при которых происходило минералообразование, и, по-видимому, от формы нахождения  $CO_2$  в растворе. Отмечается тенденция уменьшения количества молекулярной  $CO_2$  в каналах кварца от первой стадии минерализации к последней. Исключения представляют лишь те месторождения, в которых в конечной стадии гидротермального процесса наблюдается интенсивный привнос углекислоты. Насыщение молекулярной углекислотой больше в направлении удлинения ( $n_c$ ) зерен жильного кварца, что согласуется с расположением каналов в нем. Нагревание пластинок кварца

до 400—450° приводило постепенно к полной потере CO<sub>2</sub> кварцем (по данным ИКС). Это указывает на то, что CO<sub>2</sub> входит не в структурные каналы, а в дефект-каналы кварца. Масс-спектрометрическим методом определено количество CO<sub>2</sub> и его изотопный состав в кварце, касситерите и флюорите. Наблюдается тенденция уменьшения количества CO<sub>2</sub> с повышением температуры нагревания минерала и существенное изменение изотопного состава, свидетельствующие о том, что в минералах присутствуют разновременные газово-жидкие включения.

б) CO — закись углерода встречается реже. Она обнаружена методами газового и масс-спектрометрического анализа в вакуолях минералов из месторождений, залегающих в углисто-глинистых метаморфизованных породах.

в) CH<sub>4</sub> — метан изредка диагностируется теми же методами, что и CO, в составе газа, заключенного в вакуолях минералов. Метан присутствует в жильных кварцах, кристаллизовавшихся в песчанико-сланцевых породах, содержащих углистое вещество или контактирующих с карбонатными породами.

г) CH<sub>3</sub>X (X=F, Cl) — моногалогенные соединения метана обнаружены методом ИК — спектроскопии в дефект-каналах кварца из оловоносного гранита, пегматита, жильного кварца из месторождений касситерит-полевошпат-кварцевой и касситерит-кварцевой формаций. В месторождениях более низкотемпературных формаций и в гребенчатом нерудном кварце, образованием которого заканчивается гидротермальный процесс на месторождениях, CH<sub>3</sub>X не обнаружены.

д) CN — циан установлен эмиссионным микроспектральным анализом в кварце, залегающем в доломите.

3. Среди минералов-узников в вакуолях оптическими методами диагностированы карбонаты.

УДК 550.4 : 549.0

**Вл. А. КАЛЮЖНЫЙ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

### **ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ ВКЛЮЧЕНИЙ ГЛУБИННЫХ ФЛЮИДОВ В МИНЕРАЛАХ**

1. Включения глубинных флюидов в минералах содержат важную информацию о состоянии, составе и термодинамических свойствах природных минералообразующих систем.

Чтобы правильно «прочитать» такую информацию необходимо решить, по крайней мере, три основных вопроса: а) какой части кристалла (минерала) сингенетичны включения (то-есть, первичны или вторичны они); б) степень соответствия содержимого включений флюиду минералообразующей системы; степень родства его минералу-хозяину (то-есть, какой фазовый состав содержимого включений в момент их изоляции; аутигенное или ксеногенное происхождение его); в) какая сохранность включений или пути преобразования их за всю историю существования.

2. Перечисленные вопросы могут правильно решаться только путем массового изучения сингенетических групп включений. Сравнение их позволяет выделять включения гомогенного происхождения среди групп возникших при расщуповывании вакуолей или вскипании растворов. Общая генетическая классификация включений представляет собой образец (план) таких исследований, а частная систематика включений данного геологического объекта, — конечный результат тщательного анализа их генетической природы. Классификация не может быть определителем (ключом) минералогенеза; последнее решается в отдельности для каждого минерала, их сообществ или месторождений.

3. Углеродсодержащие соединения усложняют фазовый и химический состав минералообразующих флюидов. Но их присутствие расширяет возможности метода включений. Эти соединения играют важную роль в транспортировании и локализации компонентов полезных ископаемых.

4. Гетерогенное состояние (кипение) наиболее обычное для минералообразующих флюидов большинства месторождений. Собственно, метод гомогенизации включений оправдывается на практике благодаря гетерогенному или субгетерогенному состоянию среды. Гомогенность, — частный случай закономерных гетерогенных равновесий природных систем. Гетерогенное состояние минералообразующей среды и ее реликтов в минералах должны максимально использоваться в термобарометрии. Перспективность такого пути подтверждается, в частности, успешной разработкой метода барометрии, исходным принципом для которого послужила не гомогенность, а гетерогенность среды (Калюжный, Колтуш, 1953; Калюжный, 1955). Не менее заманчивые перспективы намечаются на пути изучения гетерогенных равновесий водно-углеводородных и других систем и их реликтов во включениях.

Ю. В. АЛЕХИН, В. М. ШМОНОВ, К. И. ШМУЛОВИЧ  
(Институт экспериментальной минералогии АН СССР,  
г. Черногловка)

## О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Обычная интерпретация дифференциации гидротермальных растворов магматического и постмагматического этапов в рамках температурной зональности не является достаточной, поскольку при этом не учитывается важный физико-химический процесс, обусловленный различием в  $P$ - $V$ - $T$  свойствах компонентов природных растворов. При фильтрации раствора, отделяющегося при магматической дистилляции, через вмещающие породы в условиях градиента давления происходит обогащение фронтальной части флюида компонентами, имеющими относительно больший удельный объем. Реальную задачу для фильтрации простой бинарной системы  $H_2O$ — $CO_2$  при заданном градиенте  $P$  и  $T$  теоретически решить не удастся, поскольку необходимы значения кинетических параметров, обусловленных свойствами фильтра и скоростью фильтрации. В настоящее время авторами ведутся экспериментальные исследования эффектов бародиффузионного разделения смесей  $H_2O$ — $CO_2$  при фильтрации. Однако в предельном случае с граничными условиями  $X_{CO_2} + X_{H_2O} = 1$  и равенстве нулю локального диффузионного потока можно оценить изменение состава флюида с расстоянием при заданном градиенте давления и малых скоростях потока. Так, если при  $T=600^\circ$  и  $\Delta P=100$  бар (от 550 до 450 бар) источник имеет  $X_{CO_2}=0,5$ , то при  $P=450$  на выходе (при сохранении граничных условий)  $X_{CO_2}=0,85$ . Если источник имеет  $X_{CO_2}=0,2$ , то на выходе  $X_{CO_2}=0,75$ . Расчеты производились с использованием наиболее точных данных по  $P$ - $V$ - $T$  свойствам  $H_2O$  (Ривкин С. Л., 1975) и  $CO_2$  (Шмулович К. И., Шмонов В. М. в печати). Приведенные результаты расчетов показывают, что эффект бародиффузии может оказаться важным фактором дифференциации природных гидротермальных систем. Расчеты предельной модели с заданными граничными условиями показывают, что роль бародиффузии снижается при увеличении общего давления и понижении температуры, что обусловлено сближением значений объемов  $CO_2$  и  $H_2O$ . При относительно низких температурах (ниже  $450^\circ C$ ) и давлениях (500 бар) происходит инверсия соотно-

шений удельных объемов  $H_2O$  и  $CO_2$  и, следовательно, в этих условиях при наличии градиента  $P$  опережающим компонентом будет  $H_2O$ . Подобные явления должны быть также широко развиты во флюидных смесях воды с углеводородами ряда метана.

УДК 549.1

**Л. Н. ХЕТЧИКОВ, Б. А. ДОРОГОВИН**  
(Всесоюзный научно-исследовательский институт  
синтеза минерального сырья, г. Александров)

### **ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА НА ТЕМПЕРАТУРЫ ГОМОГЕНИЗАЦИИ ГАЗОВО-ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ**

1. Изучение газОВО-жидких включений в различных минералах подтверждает широкое участие соединений углерода в природных процессах минералообразования.

2. В кристаллах кварца хрусталоносных месторождений обычны включения с углекислотой и жидкими углеводородами. Температуры растворения газового пузырька в подобных включениях и во включениях, содержащих солевые растворы типа вода — нелетучий компонент, резко различаются между собой.

3. В автоклавах высокого давления осуществлена перекристаллизация кварца в растворах  $Na_2CO_3 \cdot H_2O \cdot CO_2$  при температурах 280—340°C и давлениях до 540 атм. при концентрации соли в растворе до 7 вес % и  $CO_2$  — до 19 вес %. Контроль изменения температур и давлений в автоклавах осуществлялся как непосредственным измерением соответствующими приборами, так и при изучении газОВО-жидких включений в нарощенном на заправку кварце.

4. Отличия роста кварца в изученной системе и в системе  $Na_2CO_3 \cdot H_2O$  заключаются в меньшей скорости перекристаллизации и более низком насыщении раствора кремнеземом. Увеличение в системе доли газОВОй составляющей повышает температуру перехода системы в гомогенное жидкое состояние (Тгом) с одновременным ростом давления.

При высоких начальных парциальных давлениях углекислоты (30—70 атм) нагревание системы приводит к изменению характера кривой насыщения на диаграмме в координатах  $P$ - $T$ , обусловленному изменением растворимости газа в растворе и эффектом «высаливания».

5. Осуществлен синтез кварца в растворах  $Na_2CO_3 \cdot H_2O$  с

добавлением постоянных количеств тяжелых углеводородов — продуктов перегонки нефти. В новообразованном кварце обнаружены двухфазовые газово-жидкие (раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и многофазовые включения, содержащие кроме содового раствора непостоянное количество жидких углеводородов и твердое битуминозное вещество. Непостоянное содержание углеводородов во включениях свидетельствует, что перекристаллизация кварца происходила в гетерогенной среде. Температура растворения газового пузырька во включениях с углеводородами сильно колеблется в зависимости от объема вакуолей, занимаемого этими веществами.

Полученные материалы, помимо данных о низкой растворимости некоторых углеродсодержащих соединений в минералообразующих растворах в условиях гидротермальных процессов указывают на необходимость тщательного изучения включений с углеводородами, при их использовании для целей термометрии минералов.

УДК 550.4:547.91

**В. С. БАЛИЦКИЙ, Б. А. ДОРОГОВИН**

(Весоюзный научно-исследовательский институт синтеза минерального сырья, г. Александров)

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УЧАСТИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ**

Изучено поведение и характер изменения некоторых органических соединений — продуктов переработки нефти и других битумов — в гидротермальных растворах с одновременной кристаллизацией кальцита при температурах 250—300° и давлениях 150—200 атм.

Показано, что присутствие легкоподвижных продуктов переработки нефти практически не сказывается на интенсивности переноса и кристаллизации кальцита. Взаимодействие исходного раствора с такими углеводородами приводит к частичному образованию более сложных соединений, которые вместе с водным раствором захватываются во включениях в кальците. Присутствие более трудноподвижных продуктов переработки нефти существенно понижает интенсивность перекристаллизации кальцита, что обусловлено, главным образом, ухудшенным гидродинамическим характеристиками системы. Новообразованные кристаллы кальцита зах-

вывают случайные и различные по размерам частицы подобных углеводородов, иногда с формированием на этих участках газовой-жидких включений.

Присутствие в газовой-жидких включениях различных (по степени подвижности) продуктов переработки нефти по-разному сказывается на агрегатном состоянии и температурах гомогенизации включений.

Приводится характеристика различных углеводородов, измененных под воздействием гидротермальных растворов, на основе изучения включений в кальците и маточной (после опытов) среде.

УДК 550.43

**А. С. ШУР**

(Институт геологии и геохимии Уральского научного центра АН СССР, г. Свердловск)

## **К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИХ РАСТВОРАХ**

Существующие в настоящее время методики по баротермометрии газовой-жидких включений содержат ряд допущений, которые с принципиальной стороны не отвечают полностью условиям, относящимся к термодинамике малых объектов, каковыми являются газовой-жидкие включения.

Автор настоящей работы сделал попытку предложить другую методику, в основе которой лежит известный в термодинамике принцип приближенного графико-аналитического решения с использованием уравнения  $\lg p = \varphi(T^{-1})$ . На основании построенного графика вычисляется значение тепловой энергии возгонки газовой-жидких включений, которое входит в уравнение для определения давления

$$p = \frac{\Delta Q}{v \cdot 2,303 \lg v'}$$

где:  $\Delta Q$  — теплота превращения газовой-жидких включений в газообразную фазу;

$v$  — удельный объем паров, выделившихся во время опыта из образца при конечной температуре нагрева.

Для каждого исследуемого образца строились также декрепитационные графики, по которым определялись числа декрепитационных пиков, учитываемых при определении удельного объема газов, выделившихся при веркытии газо-

во-жидких включений. Основываясь на проверенных результатах настоящих исследований, можно рекомендовать предлагаемый метод для определения давления минералообразующих растворов различных геологических формаций, тем более, что он позволяет широко варьировать в подборе образцов, используя не индивидуальные, а валовые количества включений из различных минералов как прозрачных, так и непрозрачных.

Для проверки нового предлагаемого метода определения давления были подобраны образцы кварца, надежно датированные по давлению. В связи с хорошим совпадением наших результатов с этими данными, целесообразно внедрить указанный метод в практику определения давления в геологических формациях.

Указанный метод необходимо использовать совместно с декрентационными графиками, построенными для исследуемых минералов.

УДК 549.451 : 536.42

**В. М. КОВАЛЕВИЧ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых  
АН УССР, г. Львов)

## **ТЕРМОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ В ИСКУССТВЕННЫХ КРИСТАЛЛАХ ГАЛИТА**

Исследование включений в искусственных кристаллах галита проводилось с целью изучения возможности применения метода гомогенизации для определения температурных условий солеобразования по включениям в природном галите. Необходимость выполнения этих исследований вызвана существующими разногласиями по этому вопросу.

Кристаллы галита выращивались из растворов, отвечающих по составу океанической воде, сгущенной до стадий садки галита, энсомита, силвина и карналлита, а также чистых растворов хлористого натрия. Кристаллизация проводилась путем медленного упаривания растворов в термостате при различных фиксированных температурах (20, 58, 75 и 100°C). Отклонения температуры, заданной по контрольному термометру, не превышали  $\pm 0,75^\circ\text{C}$ . Температура выращивания кристаллов выбрана с учетом имеющихся данных по температурным условиям формирования миоценовых со-

леносных отложений Предкарпатья, изученных на основании исследования включений в галите.

В выращенных кристаллах получены все основные типы включений, установленные ранее в природных кристаллах галита из Предкарпатья: однофазовые (жидкие), двухфазовые (жидкие с газовой или твердой фазами), трехфазовые (жидкие с газовой и твердой фазами). Твердая фаза во включениях представлена кристалликом-узником сильвина.

Включения имеют форму отрицательных кубических кристаллов (иногда неправильную), часто приурочены к определенным зонам роста. Количество образующихся включений находится в прямой зависимости от скорости испарения раствора.

В результате проведенных исследований установлена зависимость появления во включениях (после охлаждения кристаллов до комнатной температуры) газовой и твердой фаз от температуры кристаллизации, состава и концентрации исходных растворов. Температура гомогенизации двух- и трехфазовых включений в пределах точности метода соответствует истинной температуре кристаллизации минерала.

Таким образом, в исследованном интервале температур подтверждается возможность применения метода гомогенизации при изучении включений в галите.

УДК 552.112 . 553, 064.1

**И. М. СВОРЕНЬ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

## **К ВОПРОСУ О ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ**

Ранее уже отмечалось (Калюжный и др., 1974), что в зависимости от процессов вскрытия (измельчение образцов или пробивание стенки над вакуолью) включений состав газовой фазы в количественном отношении изменяется. Во время дробления наблюдалось выделение водорода.

Нами для поиска источника происхождения газов, в том числе и водорода, был разработан метод нагрева исследуемых объектов. Образцы разнотемпературных кварцев Волини после разрушения и определения количественного состава газов (нормальные условия) подвергались дополнитель-

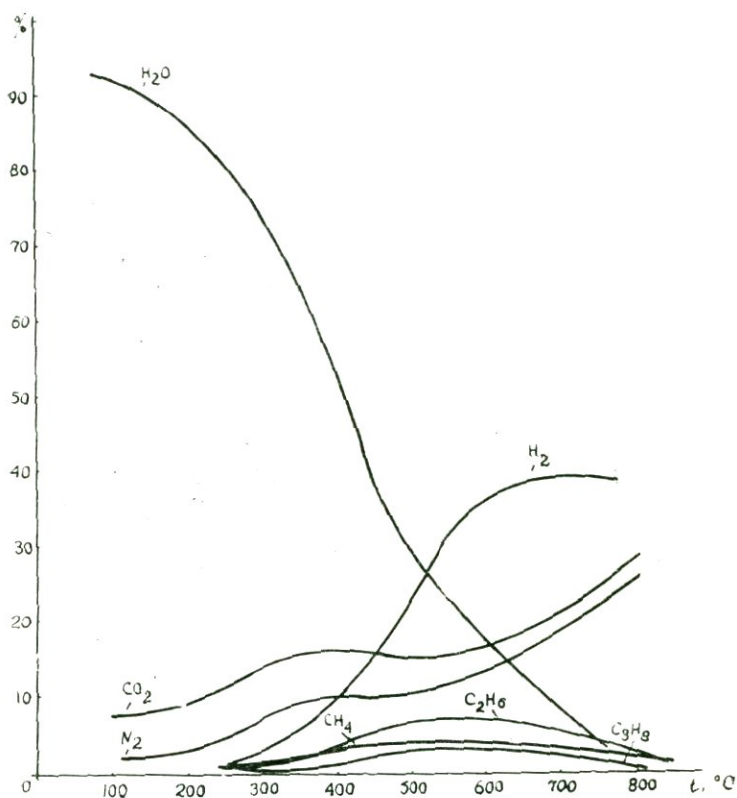


Рис. 1. Зависимость выхода газовых составляющих из измельченного дымчатого кварца от температуры.

ному нагреву в широком температурном интервале. Для нагрева разрушенных образцов было сконструировано специальное нагревательное устройство, при помощи которого масс-спектрометрическим методом изучали поведение выделенных газовых составляющих из кристаллической решетки и промежуточного слоя между решеткой и содержащим включений с температурой. Количество выделенных газов и паров во время нагрева контролировалось и определялось при помощи вакуумметра. В каждой температурной точке исследуемые объекты выдерживались около 25—30 минут, после чего температура понижалась на 15—20°C и определялся газовый состав.

На рисунке в качестве примера приведена температурная

зависимость выхода газовых составляющих из измельченного дымчатого кварца. В начале нагрева первыми появляются  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ , причем  $H_2O$  резко преобладает. Начиная с  $200^\circ C$  появляются углеводородные газы. Среди них доминирует  $C_2H_6$  в сумме с  $C_2H_4$  с максимумом выделения в области  $500-600^\circ C$ . В этой же области наблюдается максимальное содержание  $H_2$ .

Изучение процессов выделения летучих составляющих из минералов при нагреве дает возможность:

1. Установить зависимость между качественными особенностями минералов и условиями их образования.

2. Проследить поведение каждого выделенного газа в отдельности и в широком интервале температур.

3. Получить информацию о формах нахождения газов в минералах.

4. Сравнивать составы газов, полученные разными способами (вскрытием отдельных включений, измельчением минералов и нагреванием) и в случае необходимости вводить соответствующую поправку.

УДК 552.112 : 552.3(470.21)

**И. А. ПЕТЕРСИЛЬЕ, М. А. ПАВЛОВА**

(Геологический институт Кольского филиала АН СССР,  
г. Апатиты)

## **ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ИЗВЕРЖЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ**

Газообразные, жидкие и твердые органические соединения (ОС) находятся во включениях в минералах и в межминеральных закрытых порах пород.

Содержание ОС в изверженных породах незначительно, за исключением агпитовых щелочных пород. Исследование щелочных массивов — Хибинского, Ловозерского, Кня-Шалтырского, Средне-Татарского и Иллимауссакского (Гренландия) показало, что содержание метана в них достигает  $100 \text{ см}^3/\text{кг}$  породы. Битумоидное вещество в щелочных породах восстановлено, в его составе широко распространены парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды.

Нахождение ОС в изверженных породах и полостях эндогенных минералов под давлением свидетельствует о том, что они сингенетичны породам и образовались в результате

процессов abiогенного синтеза, происходивших в остывающих интрузивных телах.

Исследование изотопного состава углерода метана из включений в минералах и породах показало, что он обогащен тяжелым изотопом ( $\Delta C^{13} = -0,9\%$ , эталон международный). Распределение изотопов углерода по фракциям углеводородных газов оказалось обратное тому, которое наблюдается для газов осадочных пород. Так, для щелочных пород Хибинского массива характерна следующая закономерность изменения изотопного состава углерода в метане и его гомологах (%):

$$\delta C^{13} (CH_4) = -0,32 \rightarrow \delta C^{13} (C_2H_6) = -0,91 \rightarrow \delta C^{13} (C_3H_8) = -2,61$$

Во всех изверженных породах содержатся небольшие количества рассеянных битумондов, обычно не превышающие тысячных долей вес. % на породу. Битумонды содержат значительное количество масел (от 39,8 до 50,69%); для всех пород, за исключением щелочных, характерно преобладание спирто-бензольных смол над бензольными.

Состав масляной фракции рассеянных битумондов в породах Кольского полуострова таков (вес. % на масляную фракцию):

Порода	Ф р а к ц и и					
	парафиновая	метано-нафтеновая	Нафтено-моно-ароматическая	бицикло-ароматическая	полицикло-ароматическая	Петролейно-эфирные смолы
Норит	10,12	0,00	0,00	5,06	78,06	6,75
Перидотит	6,25	0,00	18,33	2,49	38,33	33,54
Пироксенит	8,35	0,00	23,12	26,56	12,53	27,61
Хибинит	38,85	31,79	12,26	14,82	сл.	1,78
Гранодиорит	2,93	0,00	56,20	12,67	14,09	11,58
Гранит порфировидный	6,25	0,37	67,75	15,28	2,99	10,90

Характерной особенностью хлороформенных экстрактов из изверженных пород является наличие в них только твердых парафинов состава  $C_{17}-C_{30}$ . Исключением являются аг-

пантовые щелочные породы, в которых отмечается присутствие жидких парафинов ( $C_9-C_{16}$ ).

Во всех изверженных породах содержится рассеянное углеродистое вещество, не извлекающееся органическими растворителями, названное нами  $C_{дисп}$ . Количество  $C_{дисп}$  обычно не превышает сотых долей вес. % на породу, состав его не изучен.

Накопленный к настоящему времени материал показывает возможность использования результатов исследований органических соединений в изверженных горных породах для выяснения условий формирования этих пород и изучения постмагматических процессов. Значительную ценность исследования в этой области представляют для проблемы происхождения жизни на Земле и выяснения процессов образования углеводородов в земной коре абиогенным путем.

УДК 552.54+542

**В. Ф. ДЕРНОВ-ПЕГАРЕВ, И. Г. ЖАДОВСКАЯ, Д. Н. ХИТАРОВ**  
(Мингео СССР, г. Москва)

## **ГЕНЕЗИС КАРБОНАТОВ В СВЕТЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ В СИСТЕМАХ ТИПА КАРБОНАТ ЩЕЛОЧНОГО МЕТАЛЛА — КАРБОНАТ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНОГО МЕТАЛЛА — ВОДА**

1. Полевые наблюдения на комплексных массивах ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов позволяют предполагать широкое участие в формировании последних щелочной водно-углекислой фазы. Анализ экспериментальных данных, полученных при изучении систем, имеющих отношение к генезису карбонатитов, позволяет предполагать что подобная гипотетическая фаза скорее всего представляет собой раствор щелочных карбонатов переменной концентрации. Однако, вплоть до последнего времени, экспериментальные работы по определению растворимости кальцита в водных растворах карбонатов щелочных металлов не проводились.

2. Предварительные эксперименты по изучению взаимодействия щелочных водно-углекислых флюидов и карбонатных расплавов с основными силикатными составляющими пород, вмещающих карбонатитовые месторождения, показали идентичность отмеченных при этом новообразований с наблюдаемыми в природе и выявили факт заметного по-

вышения растворимости кальцита в растворах щелочных карбонатов.

3. Это позволило нам провести, совместно с С. Д. Малининым (ГЕОХИ), исследование растворимости кальцита в системе  $K_2CO_3-Na_2CO_3-H_2O$  в температурном интервале  $200-500^\circ C$  при давлении до 1500 атм и при концентрации карбоната щелочного металла от 0.3 до 30 М, которое показало, что в указанных условиях кальцит активно растворяется по механизму комплексообразования.

4. Важнейшими геологическими следствиями проведенного исследования являются установление возможности переноса и отложения кальцита гидротермальными растворами в широком интервале температур, а также — возможности осуществления в природных условиях непрерывного перехода от щелочного водно-углекислого флюида к водосодержащим карбонатным расплавам.

5. Ряд свойств исследованной системы служит доказательством в пользу «вторичного» происхождения карбонатитовой магмы в ходе эволюции исходного щелочного водно-углекислого флюида при его воздействии на предварительно сформированные породы ультраосновного ряда в областях развития долго живущих разломов глубокого заложения.

УДК 539.219.1+533.735+543.27+549.621.4/753.1

**В. К. КАРЖАВИН**

(Геологический институт Кольского филиала АН СССР,  
г. Апатиты),

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ТЕРМОДЕСОРБЦИИ АПАТИТА И НЕФЕЛИНА И КИНЕТИКА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ**

Состав газовой фазы минералов является признанным источником сведений о летучих компонентах, находящихся в равновесии с прочими составляющими физико-химической системы в период минералогенеза. Работы по изучению состава газовой фазы, извлекаемой путем нагревания пород и минералов в вакууме (или в проточной системе) показали перспективность такой методики в петрологии и минералогии. Вакуумный вариант метода термодесорбции был использован нами при исследовании кинетики газовыделения и состава выделяемой газовой фазы в интервале  $400-1000^\circ C$  из природных образцов апатита различных месторождений (Хибинь,

Ловозеро, Ковдор и Слюдянка) и нефелина Хибинского щелочного массива.

Исходный материал (фр. 1.6—1.0) помещался в предварительно прокаленную кварцевую ампулу-реактор. Для удаления адсорбированных атмосферных газов и воды перед опытом реактор с навеской выдерживался при 110—125°C в течение двух и более часов с одновременным откачиванием. Последующий режим нагревания ступенчатый (через 200°), мгновенный. Время выдержки при температуре опыта 1 час. Анализ газа осуществляется на хроматографах типа «Цвет» и УХ-2.

В результате проведенного исследования установлена аналогичность состава выделенной газовой фазы и некоторое отличие в характере газовыделения из нагреваемых минералов. У шести образцов апатита и двух образцов нефелина установлены две области максимумов газовыделения: низкотемпературная (400—600°C) и высокотемпературная (800—1000°C). Состав газовой фазы, выделяемой в этих областях, различен. На высокотемпературную область приходится от 30 до 80% общего выделенного объема газа. Отличным от вышеуказанных оказался пегматитовый нефелин (Юксфор), у которого количество выделяемого газа закономерно падает с повышением температуры термодесорбции. Количество выделенного газа из минералов варьирует в широких пределах. Примеры максимального и минимального количества газа и его основных компонентов представлены в таблице (в см<sup>3</sup>/кг).

Минерал	Общее кол-во	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	CO <sub>2</sub>
Апатит (Ковдор)	4644.0	17,20	189,8	352,2	603,2	3476,2
Апатит (Ловозеро)	427.6	0,94	131,2	87,5	174,5	33,2
Нефелин (Лявойок)	9278.0	53,84	628,9	7467,9	834,8	286,2
Нефелин (Кукисвумчор)	2874.0	40,60	133,0	2192,0	292,6	235,4

Наряду с вышеуказанными компонентами в составе выделенных газов установлены гомологи метана (0,1—0,0001 об. %) и зафиксировано выделение серы из некоторых образцов в интервале 400—800°C.

Изотермы, характеризующие процесс газовыделения в

зависимости от времени нагревания навесок апатита и нефелина, позволили оценить необходимую продолжительность термодесорбции образцов при температуре опыта. Оказалось, что время, необходимое для полного выделения газа из нагреваемого образца в вакууме, изменяется в широких пределах. Выделение газа при 400°C (иногда при 600°C) осуществляется относительно быстро, в течение 3—10 минут нагревания. При высокотемпературном нагревании выделение газа протекает трудно. Такое различие говорит о сложности процесса термодесорбции природных образцов. Можно полагать, что на низкотемпературном этапе быстрота газовыделения обусловлена вскрываемыми включениями (область температур декрепитации). Последующее замедление скорости газовыделения очевидно связано с изменением механизма термодесорбции, т. е. с переходом от одной ее лимитирующей стадии к другой.

Для выяснения высокотемпературной стадии механизма газовыделения было проведено исследование динамики, кинетики и продуктов термодесорбции образцов нефелина различных фракций. Полученный материал позволил предположить, что высокотемпературная «трудность» газовыделения связана не с расположением включений в кристалле минерала, а скорее с возможностью диффузии молекул газа из кристаллической решетки.

УДК 553.061.3

**Е. В. БАХАНОВА, В. Г. БОГОЛЕПОВ, В. А. НАРСЕЕВ,  
Э. Я. ПОЛЫВЯННЫЙ**

(Казахский институт минерального сырья, г. Алма-Ата)

## **О КРИТЕРИЯХ «ЮВЕНИЛЬНОСТИ» РЕЛИКТОВ ГИДРОТЕРМ И ПРИРОДЕ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА ВО ВКЛЮЧЕНИЯХ**

1. Одним из важных вопросов теории рудообразования является выяснение генетической связи соединений углерода с водными эндогенными флюидами. Однако само понятие «эндогенности» в настоящее время еще далеко не определено. Очевидно, что без надежного определения природы растворов в каждом конкретном случае нельзя делать выводов о генезисе соединений углерода в них. Нами был предложен простой косвенный метод определения природы растворов (Боголепов и др., 1970), основанный на определении изотопии аргона, извлеченного из включений.

2. В большинстве гидротермальных месторождений Ка-

захстана (грейзеновых, скарновых, золоторудных кварцевожильных) ранние порции представляют собой растворы с высокой (в отн. %) концентрацией ювенильного аргона. В более поздних генерациях гидротерм резко повышается роль воздушного аргона (вплоть до 100%). Такие соотношения могут быть интерпретированы как увеличение обмена эндогенных гидротермальных систем с окружающей средой (метеорными водами) на средних и поздних этапах их развития.

3. Проведено изучение ювенильной и воздушной составляющей аргона включений кварцев некоторых пегматитовых, грейзеновых и золоторудных месторождений Казахстана. Для редкометалльных месторождений выделено два типа растворов — ювенильные (воздушный аргон до 50%) и с большим участием метеорных вод (содержание воздушного аргона до 100%). Для золоторудных месторождений отчетливо выделяются две группы: с низким (0—30%) и высоким (20—50%) содержанием воздушного аргона. К первой группе относятся кварцы рудной стадии глубинных месторождений, (Бестюбе) с температурами гомогенизации 200°C и более ко второй — кварцы близповерхностных месторождений (Архарлы, Джусабай). Кварцы месторождений переходных глубин (Аймандай) занимают промежуточное положение (10—40%).

4. Исследование углеродсодержащих флюидных включений в кварце проведено на примере золоторудных месторождений Казахстана. Между содержанием воздушного аргона и углеводородов (группы  $C_nH_{2n+2}$ ) существует определенная зависимость. Для близповерхностных месторождений корреляция прямая и высокая, а для глубинных — обратная, слабо выраженная.

Устанавливается отчетливо различное поведение  $CO_2$  с изменением температуры и глубины образования кварцевых жил. С понижением температуры содержание  $CO_2$  уменьшается. Оно максимально в кварце глубинного месторождения Бестюбе, постоянно увеличиваясь от верхних к нижним горизонтам. Кварцы близповерхностных месторождений (Архарлы, Джусабай) содержат  $CO_2$  меньше, его количество возрастает в поздних генерациях.

5. Полученные данные позволяют установить основные черты динамики формирования гидротермальных систем, оценить степень их «открытости» на разных стадиях, раскрыть природу соединений углерода в гидротермальных растворах.

**В. А. НАРСЕЕВ, Е. В. БАХАНОВА**  
(Казахский институт минерального сырья, г. Алма-Ата)

## **ЭВОЛЮЦИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

1. Ранее (Летников, Нарсеев, 1966) было сформулировано представление о двух ветвях развития магматогенных гидротерм — углеводородной и гидроксил-кислородной. Гидротермы, связанные с кислыми коровыми магмами содержат кислородные соединения углерода, а связанные с мантийными ультраосновными и основными магмами — углеводороды. Генерация последних осуществляется при отделении углерода из сополимеров с кремнием в условиях постоянного тока водорода.

2. Попадающие в гидротермы низкомерные формы углеводородов эволюционируют по различным механизмам полимеризации, из которых важнейшим является поликонденсация. Процесс изменения состава углеводородов протекает параллельно с эволюцией главного компонента растворов — воды, которая также может быть описана в терминах теории полимеризации. При наличии интенсивного тока водорода кислород, выделяющийся при образовании все более совершенной структуры растворителя, генерирует воду, при этом не происходит окисление углеводородов. В условиях кислых магм образованные углеводороды окисляются избыточным кислородом, давая кислородные соединения углерода.

3. Указанные процессы протекают в закрытых системах. В случае их обмена с водами глубокой циркуляции имеет место привнос кислорода и количество углеводородов резко снижается. Степень открытости системы можно оценить по соотношению масс ювенильного и воздушного изотопов аргона включений (Боголепов и др., 1970—1974). Не менее интересны для этой цели изотопы углерода включений, интенсивное исследование которых должно быть начато.

4. Рассмотренная модель эволюции подкрепляется результатами исследования углеводородов и других газов во включениях кварца золоторудных месторождений Казахстана. Содержание битумоидов в них варьирует в широких пределах — от 0,05 до 0,2%. Для плутоногенных месторождений (Бестюбе) установлено увеличение содержания углеводородов от нижних горизонтов к верхним (эффект летучести) и уменьшение от ранних генераций кварцев к поздним (эффект

падения восстановительной способности среды). Состав углеводородов обнаруживает закономерное нарастание молекулярного веса от ранних стадий к поздним (масла-смолы асфальтены). Для близповерхностных месторождений (Архарлы) при общем более низком уровне содержания углеводородов отмечается нарастание содержания асфальтенов в поздние стадии. Следует заметить, что для близповерхностных месторождений степень открытости гидросистем (по аргону) максимальна.

5. Изучение распределения молекулярных весов углеводородов во включениях при фракционировании по интервалам температур, отвечающих основным стадиям рудообразования, с обязательным измерением соотношений изотопов аргона и углерода даст новый материал для построения моделей гидротермальных систем.

УДК 552.321 : 553.064, 1 : 548.4

**А. Д. МАТВИЕНКО, Г. П. МАМЧУР, В. Н. БУРЛАКОВ О. А. ЯРЫНЫЧ**  
(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов. Рудник «Волынский» МГ СССР)

### **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНДОГЕННОЙ СО<sub>2</sub> И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ЕЕ УГЛЕРОДА В ГРАНИТАХ, ВМЕЩАЮЩИХ ЗАНОРЫШЕВЫЕ ПЕГМАТИТЫ**

Ранее было установлено (Калюжный, Матвиенко, 1974), что вокруг занорышевых пегматитов Коростенского плутона на расстоянии 10—17 м от контакта существуют ореолы повышенного содержания эндогенной СО<sub>2</sub>, изотопный состав углерода которой имеет тенденцию к утяжелению в направлении пегматита (Мамчур, Матвиенко, Ярыныч, 1974). Нами были продолжены исследования в направлении усовершенствования и проверки установки экспрессного валового анализа эндогенной СО<sub>2</sub> (Калюжный, Матвиенко, 1975) в условиях подземных горных выработок пегматитового поля. Опробовался на газовый и другие анализы штрек длиной 30 м, пересекающий пегматитовое тело 25 в горизонтальном направлении. Обработка проб производилась по известной методике (Калюжный, Матвиенко, 1975), а изотопный состав углерода определялся на масс-спектрометре МИ—1305 прецизионным методом с абсолютной ошибкой  $\pm 0,05\%$ . Величины  $\delta^{13}\text{C}$  приводятся в сравнении со стандартом РДВ. Можно отметить следующие особенности в распределении СО<sub>2</sub> и изотопного состава ее углерода:

1. Содержание эндогенной  $\text{CO}_2$  в гранитах колеблется в пределах от 1,3 до 11,9  $\text{см}^3/\text{кг}$ , а величины  $\delta\text{C}^{13}$  изменяются от  $-1,50$  до  $-4,55\%$ .

2. В интервале 1—7 м отмечается тенденция к скачкообразному увеличению количества  $\text{CO}_2$  во включениях и постепенное утяжеление углерода в направлении контакта с пегматитом 25.

3. Резкое уменьшение содержания  $\text{CO}_2$  на расстоянии 6—7 м от пегматита 25 обусловлено проходящей здесь тектонической зоной. Катаклиз гранитов привел к раскрыванию включений и потере углекислоты.

4. В интервале 8—23 м, по сравнению с приконтактовыми гранитами пегматита 25, отмечено резко повышенная (до 8—11  $\text{см}^3/\text{кг}$ ) концентрация  $\text{CO}_2$ . Этот участок гранита расположен над необнаруженным бурением пегматитом 31, присутствие которого четко фиксируется по ореолу эндогенной  $\text{CO}_2$ , углерод которой несколько тяжелее, чем в граните возле пегматита 25. Довольно значительное различие между гранитами интервалов 1—7 и 8—30 м по содержанию  $\text{CO}_2$  и изотопному составу ее углерода вероятно связано со смещением блоков гранитов, вмещающих пегматиты 25 и 31.

5. Увеличение содержания  $\text{CO}_2$  на 30-м метре штрека возможно указывает на близость еще одного пегматита.

Полученные данные свидетельствуют о существовании тесной генетической связи пегматитообразования, распределения  $\text{CO}_2$  во включениях гранитов и изотопного состава ее углерода. Факт обнаружения «слепого» пегматита по ореолу эндогенной  $\text{CO}_2$  подтверждает возможность использования метода экспрессного валового анализа  $\text{CO}_2$  для поисков пегматитов и расшифровки некоторых структур рудного поля.

УДК 552.4 : 552.58 (470.55/57)

**Г. И. КРЫЛОВ**

(Всесоюзный научно-исследовательский институт  
синтеза минерального сырья, г. Александров)

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛИСТО-ГРАФИТОВЫХ КОМПОНЕНТОВ В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОДАХ ЮЖНОГО УРАЛА**

В Адамовском антиклинории Восточно-Уральского поднятия отмечаются в непосредственном контакте ордовик-силурийские и нижнекаменноугольные породы с рассеянной

углисто-графитовой пигментацией. С целью их дифференциации была предпринята попытка комплексного изучения «черного» пигмента.

Методами изотопии было подтверждено его первично органическое происхождение (колебания  $\delta C^{13}$  от  $-1,81$  до  $-2,90\%$ ). Данные термического анализа показали различные степени метаморфизма углисто-графитового материала с началом выгорания углисто-графитовых компонентов при температурах  $500-570^{\circ}C \pm 20^{\circ}$  для нижней (породы нижнекаменноугольного возраста) и  $570-650^{\circ}C \pm 20^{\circ}$  для верхней (породы ордовик-силура) границ зеленосланцевой фации.

Качественное состояние указанных компонентов изучено с помощью сокращенного углехимического анализа, результаты которого приведены в таблице:

№№ проб	Количество выгорающих компонентов в породе, %	Элементарный состав, %				Хлороформенная вытяжка, С, р %	Нерастворимый углерод (графит?) С, %	С° С
		С°	Н°	С <sub>общ</sub>	С <sub>нпр</sub>			

**Породы нижнекаменноугольного возраста**

715	6,3	60,5	3,53	1,16	0,58	0,135	7,121	9,5
524	6,32	61,5	3,07	1,24	0,28	0,104	13,582	4,55
634	5,79	54,4	6,6	1,06	0,23	0,142	13,880	3,9

**Породы ордовик-силурийского возраста**

239	4,41	34,9	6,04	6,88	0,10	0,083	24,462	4,4
192	3,8	36,4	8,25	6,14	0,09	0,074	14,840	2,5
165	1,92	35,9	9,0	1,27	0,13	0,104	8,024	4,4

Пробы: № 715 — филлит (кварц, серицит, пирит); № 524 — метаморфизованный алевропесчаник (кварц, полевые шпаты, серицит, хлорит); № 634 — графитистый сланец (кварц, хлоритоид, ильменит, серицит, хлорит, рутил); №№ 239, 192, 165 — метаморфизованные туфоалевролиты (альбит, биотит, кварц, хлорит, пирит).

Различия в углехимических характеристиках углисто-графитового пигмента связаны, прежде всего, с особенностями осадконакопления изученных разновозрастных комплексов. Соотношения С°/С подтверждают более высокую степень метаморфизма пород ордовик-силура.

Выявлена большая роль динамометаморфизма, за счет чего нижнекаменноугольные графитистые сланцы из тектонических зон (проба 634) оказываются наиболее близкими по своим свойствам к породам ордовик-силура. В них, кроме того, отмечено смещение экзотермических эффектов в высокотемпературную область, «утяжеление» изотопного состава углерода и уменьшение содержаний пиритной серы. Последнее, возможно, связано с интенсивной циркуляцией в зонах разломов растворов, создающих более окислительную обстановку, хотя для остальных случаев пониженные значения пиритной серы связаны с фациальными особенностями осадконакопления.

Рентгеноструктурный анализ выявил наличие от предельно разупорядоченных графитов до переходных к двумерноупорядоченным разностям, что, по-видимому, типично для зеленосланцевой фации.

Проведенные исследования могут быть использованы для более точной корреляции немых толщ, а также для расшифровывания особенностей их метаморфизма.

УДК 550.422

**Г. П. МАМЧУР, Г. М. ГИГАШВИЛИ, Р. А. АХВЛЕДИАНИ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов; Институт геологии АН ГССР, г. Тбилиси)

### **ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА В КАЛЬЦИТАХ ИЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ЖИЛ ТЕЛЕТСКОГО ХРЕБТА**

В гидротермальных жилах, секущих туфогенные породы эоценового возраста, развитые в окрестностях г. Тбилиси (отроги Телетского хребта), выделяется несколько генетических типов кальцита, отличающихся морфологией агрегатов, габитусными формами, свойствами газовой-жидких включений и включений жидких битумов, парагенетическими отношениями с кристаллами кварца, цеолитов, выделениями смоляно-черного антраксолита, также принимающими участие в строении этих жил.

В выделенных по названным особенностям различных типах кальцитов и в антраксолите были определены изотопные соотношения тяжелого и легкого изотопа углерода

( $\delta C^{13}$ ). Изотопный анализ выполнен на масс-спектрометре МИ-1305 с точностью  $\pm 0,05\%$  (абсолютная ошибка). Данные приводятся в сравнении со стандартом РДВ.

Значения  $\delta C^{13}$  изученных образцов кальцита лежат в интервале  $(-0,47) - (+0,40)\%$ . В прожилках более ранние генерации кальцита имеют  $\delta C^{13}$  от  $-0,07$  до  $-0,12\%$ , а более поздние генерации обогащены тяжелым изотопом:  $\delta C^{13} = +0,10\% - +0,40\%$ . В одном случае это различие достигло уникальной величины: кальцит зальбандов прожилка, представленный мелкокристаллическим друзовым агрегатом, с которым ассоциируют кристаллы кварца и целолита, имеет  $\delta C^{13} = -0,93\%$ , а кальцит, выполняющий сплошной массой центральную часть прожилка, имеет  $\delta C^{13} = +1,68\%$ . Причем этот кальцит подвергался интенсивному выщелачиванию и отличается высокой пористостью. Причины такого резкого различия изотопного состава еще не установлены.

Полученные значения  $\delta C^{13}$  от  $-0,47$  до  $+0,40\%$  для кальцита из жил в туфогенных породах совпадают с приведенными в работе (Галимов Э. М., 1973) величинами  $\delta C^{13}$  для гидротермальных карбонатов из других районов. Образование этого кальцита по данным термобарометрии происходило при температурах  $+120 - +110^\circ C$ . Кальциты второй генерации с  $\delta C^{13} = +0,10 - +0,40\%$  образовались при температурах ниже  $60^\circ C$ .

Для трех образцов антраксолита получены следующие значения  $\delta C^{13}$ :  $-3,09\%$ ,  $-3,10\%$ ,  $-2,24\%$ . Первые два образца образуют патеки на ранней генерации кальцита, имеют жирный блеск, смоляно-черный цвет. Антраксолит ассоциирует с кристаллами кварца, внешние зоны которых захватывают его в виде включений. В центральных зонах кристаллов кварца наблюдаются включения жидких битумов. Третий образец антраксолита отличается более тусклым блеском и, более хрупок. Он выполняет пустоты между кристаллами кальцита первой генерации (преимущественно на границе первой генерации кальцита с последующими генерациями).

Можно предположить, что антраксолит с  $\delta C^{13} = -3,10$  и  $3,09\%$  образовался в результате метаморфизма сконденсированных легких фракций битумов нефтяного ряда, а антраксолит с  $\delta C^{13} = -2,24$  является глубоко метаморфизованным остатком этого битума.

О. Н. ВЫНАР, Б. Г. РЕМЕШИЛО

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

## К ВОПРОСУ О РОЛИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ В ПОСТМАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ИНТРУЗИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ УКЩ)

Анализ фактического материала по геохимии эндогенных флюидов по реликтам минералообразующих сред в минералах убедительно свидетельствует о большой роли соединений углерода в растворах, формировавших различные по генезису минеральные комплексы.

Возрастающий в последние годы интерес к оценке роли соединений углерода в эндогенных процессах способствует выяснению ряда важных вопросов современной геохимической науки как в теоретическом, так и практическом аспектах.

Методами исследования жидких включений изучались реликты эндогенных флюидов во включениях минералов и пород разновозрастных интрузивных комплексов УКЩ: докембрий II — побужская чарнокитовая серия; докембрий III — кировоградско-житомирский комплекс, уманские, антоновские граниты; докембрий IV — осницкие гранитоиды, коростенский комплекс, пержанские метасоматические образования.

Методами валового химического анализа — водной вытяжки (Калюжный, Притула, 1967), вакуумной экстракции (Калюжный, Ковалишин, 1967) — определялся компонентный состав жидкой и газовой фазы включений в минералах и породах разного генезиса и различных петрохимических и структурных особенностей. Полученные результаты дают основание заключить следующее:

1). Состав углеродных соединений в эндогенных флюидах определяется летучими компонентами —  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и анионной группой  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$ .

2). Общее содержание и состав газов контролируется петрохимическими особенностями пород.

3). Распределение углекислоты в составе жидких включений неравномерное: максимальное ее содержание в кварце (независимо от генезиса) — 40—90 об. %, в гранитах количество снижается до 30—40 и минимальное — в гибридных, основных породах (от 4—6 до 0 об. %).

4). В случае зонального строения пегматитов (шлировых, жильных) выявляется увеличение количества содержания углекислоты в растворах включений от периферии (графическая зона) к центру (занорыш).

5). Содержание углекислоты и метана связано обратно пропорциональной зависимостью. Максимально насыщены метаном включения пород диорит-гранодиоритового состава (61 об. %).

6). Образование кварца (пегматитового, гидротермального, метасоматического) происходит из водно-углекислых растворов при значительном содержании метана (до 10—20 об. %).

7). Фактор времени не имеет решающего значения в распределении летучих компонентов, однако намечается тенденция к повышенному содержанию метана в растворах из более ранних пород гибридного состава. Жильные пегматиты — более поздние дифференциаты гранитной магмы — формировались из растворов, в значительной степени обогащенных углекислотой.

8). Кроме углеродсодержащих соединений в составе газовой смеси установлен азот, количество которого варьирует от 80—45 об. % (для гранитоидов) до 4—8 об. % (для жильных образований). Участие водорода невелико (в среднем 3,5 об. %).

9). В составе жидкой фазы наряду с  $\text{CO}_3^-$  и  $\text{HCO}_3^-$  присутствуют в разных соотношениях  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$  — состав флюидов изменялся от гидрокарбонатно-сульфатного (гранитоиды осницкого комплекса) до гидрокарбонатно-фторидного состава (пержанские и коростенские граниты). Пегматитообразующие растворы характеризовались существенно хлоридно-гидрокарбонатным составом.

10). Нижний температурный интервал действия постмагматических растворов, по данным гомогенизации газово-жидких включений в породах осницкого комплекса соответствовал для гранитов — 450—250°C, гибридных пород — 400—220°C, жильных образований (пегматитов и кварцевых жил) — 350—200°C.

11). Вышеизложенное позволяет утверждать о значительной активности углекислоты в постмагматических процессах минералообразования. Постоянное присутствие  $\text{CO}_2$  в гидротермальных растворах по-видимому обусловлено общностью их происхождения.

12). Широкое развитие углеродсодержащих соединений во включениях минералов интрузивных комплексов УКЩ да-

ет основание считать их составной частью эндогенных флюидов, принимавших участие в постмагматическом минералогенезе. Их химические свойства и термодинамические характеристики не могли не влиять на характер растворов и не обуславливать особенности процессов постмагматического минералообразования (миграцию комплексных соединений, регулирование кислотности растворов, образование геохимических ореолов).

13). Предварительные данные дают возможность считать крайнюю северо-западную часть УКЩ (частично осницкий и пержанский комплексы, а также северную окраину коростенского плутона) геохимической провинцией повышенной деятельности высоконасыщенных углеводородной фазой ( $\text{CH}_4$ ) постмагматических растворов.

УДК 553.21/24

**Э. И. КОВАЛИШИН**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

### **СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕКИСЛОТЫ В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ КАК ИНДИКАТОР ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ ЗАНОРЫШЕВЫХ ПЕГМАТИТОВ ВОЛЫНИ**

Чувствительность химических элементов и соединений к изменениям физико-химических параметров позволяет использовать их как своеобразные индикаторы условий минералообразования. Индикаторами геохимической обстановки могут быть состав катионов, состав летучих компонентов, кислотность — щелочность (рН), окислительно-восстановительный потенциал (Еh) и другие параметры минералообразующих растворов, полученные путем изучения включений в минералах. Изменения солевого состава растворов включений в минералах пегматитов изучены методом водной вытяжки (Калюжный, Притула, 1967) и микроаналитического исследования отдельных включений (Калюжный, Возняк, 1967). На основании изменения рН растворов, полученного микроколориметрическими измерениями отдельных включений, В. А. Калюжным и другими (1971) выделены три кислотных и два щелочных периода в послепериодическом этапе формирования пегматитов.

Общие закономерности распределения углеродсодержа-

щих газов в окологегматитовых гранитах и кварце занорышевых пегматитов были установлены ранее (Калюжный, Ковалишин, 1967).

Отбор и анализ на содержание газовых компонентов проб в разновозрастных зонах занорышевых пегматитов полидифференцированного типа от периферии к центру показал возрастание содержания углекислоты, метана и уменьшение содержания водорода и азота.

Более детально изменения в составе минералообразующих растворов прослеживаются в случае выяснения последовательности консервации групп включений во времени и отбора проб по этим включениям.

Используя явление перенаполнения включений, В. А. Калюжный, Д. К. Возняк (1967) выделили десять типов жидких включений в кристаллах кварца. Температура гомогенизации этих включений постепенно понижается от 600°C до 200°C и ниже. На общем фоне постепенного понижения температуры наблюдаются некоторые резкие отклонения в ту или иную сторону (Калюжный и другие, 1971). Свидетелями таких отклонений являются включения «сот», «взорвавшиеся» многофазовые включения и «взорванные» включения кварца регенерации (Возняк, 1971). Для этих типов включений на фоне высокого содержания углекислоты, (от 75 до 90 об.%) и низкого содержания водорода (2,0—0,5 об.%) наблюдается возрастание количества водорода (до 23 об.%) и уменьшение количества углекислоты (до 63 об.%). Таким образом, установлена зависимость изменения концентрации главных газовых компонентов (углекислоты и водорода) от изменений термобарических параметров минералообразующих систем.

Экспериментальное изучение водных растворов некоторых солей (Хетчиков, Самойлович, Дороговин, 1971) показало, что наличие в растворах  $\text{CO}_2$  приводит к понижению температуры гомогенизации системы, с ростом количества углекислоты температура гомогенизации уменьшается.

Углекислота является наиболее распространенным газом, который особое значение приобретает в полидифференцированных пегматитах с занорышами. Вместе с тем более низкое содержание ее в пегматитах северных участков западного контакта и в пегматитах восточного контакта, где физико-химические условия минералообразования несколько отличны и характеризуются слабым развитием кристаллов в занорыше, может указывать на важные свойства углекислоты в пегматитообразующих растворах. Подтверждением

этому является невысокая концентрация углекислоты в пегматитах Корсунь-Новомиргородского плутона и отсутствие в них занорышевых полостей с кристаллами.

Из вышеприведенного следует, что содержание углекислоты в газовой фазе включений четко реагирует на изменения термобарических параметров и, следовательно, может быть использовано как индикатор условий минералообразования занорышевых пегматитов Волини.

УДК 548.4 : 552.322.3

**В. М. МАКАГОН**

(Институт геохимии СО АН СССР, г. Иркутск)

### **О РОЛИ $\text{CO}_2$ В ПРОЦЕССАХ ФОРМИРОВАНИЯ МУСКОВИТОВЫХ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ПЕГМАТИТОВ**

В работе приведены данные, полученные при изучении включений минералообразующей среды в минералах мусковитовых и редкометальных пегматитов, а также вмещающих их пород.

Формирование мусковитовых пегматитов происходило в зонах амфиболитовой фации метаморфизма дистен-силлиманитового типа. Наиболее важным компонентом флюидной фазы на метаморфическом, магматическом и послемагматическом этапах формирования этих пегматитов наряду с  $\text{H}_2\text{O}$  является  $\text{CO}_2$ . Судя по составу газовой-жидких включений в минералах метаморфических пород, содержание  $\text{CO}_2$  во флюидной фазе возрастает от зеленосланцевой фации к пегматитам (наблюдаются включения углекислоты с очень высокой плотностью, достигающей  $1,06 \text{ г/см}^3$ ). Высокое давление летучих и, особенно,  $\text{CO}_2$  при метаморфизме определило особенности процессов гранито- и пегматитообразования. Высокая концентрация углекислоты в послемагматических растворах благоприятствовала широкому развитию гидролиза полевых шпатов в пегматитах с образованием промышленных слюдоносных зон.

В процессе метаморфизма, гранитообразования и формирования пегматитовых тел происходило изменение состояния углерода. При метаморфизме с увеличением температуры и давления от зеленосланцевой фации к амфиболитовой наблюдается окисление углерода (Развозжаева, 1973). Понижение температуры и давления на послемагматическом этапе формирования пегматитов сопровождается повышением вос-

становительного потенциала среды минералообразования, в результате чего в кварцевых зонах, являющихся обычно наиболее поздними в пегматитовых телах, наблюдается восстановление углерода с образованием графита.

Редкометалльные пегматиты расположены в зонах метаморфизма андалузит-силлиманитового типа. В изученных районах среди них по условиям формирования наиболее резко выделяются пегматиты двух типов: 1) сподуменовые с поллуцитом и 2) лепидолит-альбитовые с топазом, амблигонитом, турмалином (эльбантом).

Образование первых происходило из пегматитовых расплавов богатых углекислотой, а в процессе формирования лепидолит-альбитовых пегматитов определяющими минералообразовании летучими компонентами являются  $H_2O$ , а также В.

Поле изученных сподуменовых пегматитов формировалось в условиях неспокойного тектонического режима, пегматитовые тела характеризуются отсутствием или слабым развитием зональности, но отчетливо проявлена зональность в пространственном положении жил с различной рудной специализацией. По данным изучения включений минералообразующей среды в минералах и других геотермометров установлено, что указанная зональность связана с различием первоначальных температуры и давления образования пегматитов. Исследование включений в сподумене показало, что важнейшим компонентом флюидной фазы в процессе кристаллизации этих пегматитов является углекислота, высокое давление которой во флюидной фазе представляет один из главных факторов кристаллизации сподумена и формирования сподуменовых пегматитов. Геохимическое изучение этих пегматитов указывает на то, что такая особенность состава флюидной фазы способствовала концентрированию цезия в остаточном расплаве и кристаллизации поллуцита на конечной стадии формирования пегматитов, когда в результате понижения внешнего давления происходило резкое снижение давления углекислоты во флюидной фазе. Последнее отчетливо фиксируется при изучении включений в сподумене и поллуците.

Таким образом, полученные данные указывают на большую роль углекислоты в процессах формирования мусковитовых и редкометалльных сподуменовых пегматитов, определяющую наряду с другими факторами особенности минерального состава и геохимии этих пегматитов.

**А. Д. МАТВИЕНКО**(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАНОРЫШЕВЫХ  
ПЕГМАТИТОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНДОГЕННОЙ СО<sub>2</sub>  
В ОТДЕЛЬНЫХ МИНЕРАЛОГО-СТРУКТУРНЫХ ЗОНАХ**

В процессе становления гранитов Коростенского плутона под влиянием флуктуации давления происходило дифференцированное перераспределение летучих (особенно СО<sub>2</sub>), приведшее к концентрации их в области формирования занорышевых пегматитов (Калюжный и др., 1971). Для выяснения некоторых физико-химических условий формирования занорышевых пегматитов нами изучались особенности распределения эндогенной СО<sub>2</sub> в отдельных минералого-структурных зонах. Обработка проб производилась на специальной установке экспрессного валового анализа СО<sub>2</sub> включений (Калюжный, Матвиенко, 1975). Было установлено, что:

1. Внешняя зона мелкозернистого графического пегматита, по сравнению с другими зонами, отличается сравнительно низким содержанием (10—13 см<sup>3</sup>/кг) эндогенной СО<sub>2</sub>. Однородная структура, равномерная насыщенность пород углекислотой, индукционная огранка ихтиоглифтов указывают на стабильность физико-химических условий одновременной кристаллизации кварца и полевого шпата из довольно вязкого магматического расплава (Ферсман, 1940; Бакуменко, 1966; Долгов, 1969). В подзанорышевой области отмечаются только реликты мелкозернистой индукционной графики, что обусловлено нарушением первичной концентричности в строении пегматитовых тел более поздними гидротермально-метасоматическими процессами.

2. По направлению к занорышу графический пегматит постепенно переходит в скелетно-графические породы, для которых характерно разнообразие структур, обилие вторичных газовой-жидких включений, имеющих большой разброс температур гомогенизации (от 200 до 600°С), значительные колебания валового содержания СО<sub>2</sub> (от 15 до 30 см<sup>3</sup>/кг) во включениях. Эти особенности обусловлены гидротермально-метасоматической переработкой и перекристаллизацией индукционной графики. Приуроченность этих пород преимущественно к подзанорышевой области связана с движением гидротермальных метасоматических флюидов со стороны боковых и нижних вмещающих гранитов.

3. Пегматоидная и ее гигантозернистая разновидность — блоковая зоны отличаются резко повышенным количеством газовых высокотемпературных включений. Считается (Соболев, 1949; Бакуменко, 1966), что эти породы кристаллизовались вслед за графикой из магматического расплава. Довольно значительная насыщенность их  $\text{CO}_2$  (до  $40 \text{ см}^3/\text{кг}$ ) свидетельствует о том, что они кристаллизовались из остаточного расплава, обогащенного углекислотой.

4. Кварцевое ядро в занорышевых пегматитах сложено массивным молочно-белым или серым, дымчатым полосчатым кварцем с плитчатой отдельностью. Последняя разновидность встречается преимущественно в полнодифференцированных пегматитах с четко выраженной зональностью и характеризуется наиболее высоким (более  $50 \text{ см}^3/\text{кг}$ ) содержанием  $\text{CO}_2$ . Эта особенность обусловлена спецификой минералообразующих флюидов и благоприятными физико-химическими условиями для их захвата преимущественно в виде ранне-вторичных включений. Образование трещин происходило при резких температурных перепадах в интервале температур, близких к  $\alpha/\beta$  перехода кварца. Контракционная трещиноватость способствовала образованию полосчатой текстуры и плитчатой отдельности в кварцевом ядре.

5. Примерно в этот же период, но при резком снижении давления формировались кварцевое ядро, сложенное молочно-белым кварцем, и «сотовый» кварц из занорыша. Резкая смена физико-химических условий кристаллизации, приводящая к образованию «сотовой» трещиноватости в момент быстрого охлаждения и  $\alpha/\beta$  перехода кварца, обусловлена раскрытием системы в момент адиабатического расширения (Долгов, 1969). Несмотря на благоприятные условия для захвата включений и существенную роль жидко-газовых флюидов в залечивании полигональных трещин, валовое количество  $\text{CO}_2$  в молочно-белом и особенно «сотовом» кварце ниже (соответственно  $33$  и  $16 \text{ см}^3/\text{кг}$ ), чем в полосчатом (более  $50 \text{ см}^3/\text{кг}$ ). Очевидно после раскрытия системы часть летучих (особенно  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ ) мигрировало в приращенные полости, а в минералообразовании важную роль играла вода, растворимость которой в расплавах выше, чем  $\text{CO}_2$  (Кадик, 1975).

6. Периферийные зоны кристаллов кварца из занорыша сложены преимущественно дымчатым кварцем, морионом, которые содержат сравнительно малое количество включений и характеризуются низким валовым содержанием эндогенной  $\text{CO}_2$  ( $3$ — $5 \text{ см}^3/\text{кг}$ ), что свидетельствует о спокойном

режиме кристаллизации в I-ый щелочной период посленверсионной стадии минералообразования (Калюжный и др., 1971).

7. На заключительном этапе становления занорышевых пегматитов под действием щелочных флюидов происходил вынос кремнезема из подзанорышевой области в занорыш, что привело к формированию зоны выщелачивания альбитового или микроклинового состава. Валовое содержание  $\text{CO}_2$  в последней почти в три раза ниже (6 против 17  $\text{см}^3/\text{кг}$ ), чем в альбитовой, что подтверждает более высокотемпературные условия формирования ее в изучаемых пегматитах. Находки в тодельных пегматитах смешанной альбитмикроклиновой зоны указывают на чередование щелочных и кислотных периодов кристаллизации в формировании пегматитов (Калюжный и др., 1971).

Таким образом, содержание эндогенной  $\text{CO}_2$  в породах и минералах является индикатором температурных и других физико-химических условий минералообразования, а также показателем степени их метасоматических преобразований.

УДК 552.323+550.422+622.324.6(477.87)

**Б. Д. ЖОВТУЛЯ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

## **К РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ЭНДОГЕННОЙ $\text{CO}_2$ В МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОДАХ ВЫШКОВСКОГО РАЙОНА**

1. Для изучения поведения двуокиси углерода в магматических породах Вышковского района отобраны образцы по разрезам (скважинам) некоторых массивов.

2. В интрузивных и эффузивных образованиях встречаются включения минералообразующего расплава, содержащие летучие компоненты, растворенные в стекле, и в свободном состоянии в виде газовых пузырьков.

Включения стекла наблюдаются в порфириновых выделениях кварца, плагиоклаза, нироксена кварцевых диорит-порфиритов, гранодиорит-порфиров, гналодацитов, андезитобазальтов. Форма включений изометричная, реже неправильная, размер 10—100 мк. Стекло прозрачное, иногда светло-коричневое. Соотношение фаз: стекло (V) 85—95%, газ (G) 15—5%, иногда твердая фаза (B). Встречаются раскристаллизованные включения.

3. Изучение газовой фазы включений велось на масс-спектрометре МХ-1303. Термометрические исследования выполнялись на специально сконструированной автором микро-термокамере с силитовым нагревателем. Рабочий диапазон термокамеры 20—1500°C.

4. Характерным для исследуемых пород является преобладание в газовой фазе включений двуокиси углерода (18,0—97,87 об.%) и азота (3,97—75,92 об.%), несколько меньше содержится метана (0,97—10,77 об.%) и кислорода (0,48—8,0 об.%). Все анализы пересчитаны без водородного компонента, который присутствует в них в разных количествах.

5. В интрузивных породах наблюдается увеличение содержания  $\text{CO}_2$  к верхам разрезов массивов. В эффузивных наоборот — увеличение содержания двуокиси углерода вниз по разрезу. Возможно это связано с тем, что при постепенном остывании и снижении давления в магме интрузивного массива двуокись углерода накапливалась в верхах разрезов. В эффузивных породах при быстром остывании и резком падении давления  $\text{CO}_2$  отделялась от верхних толщ эффузивного покрова. Очевидно, по той же причине интрузивные породы содержат значительно больше  $\text{CO}_2$  (65,22—97,87 об.%) по сравнению с эффузивными (18,0—49,84 об.%).

6. Выполнены термометрические исследования включений. Температура гомогенизации их в кварцевых диорит-порфиритах 1320—1280°C, в гранодиорит-порфирах 1495—1145°C, в гналодацитах 1430—1390°C, в андезито-базальтах 1310—1260°C.

Показатель преломления стекла включений колеблется в пределах 1,483—1,493 и свидетельствует о приблизительно одинаковом содержании кремнезема (75—80%) в исходной магме.

УДК 552.112 : 549.514.51 : 553.064.1

**Е. Е. ЛАЗАРЕНКО**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

## **ГАЗЫ В КВАРЦАХ МИАРОЛ И ШЛИРОВЫХ ПЕГМАТИТОВ**

Красные емеляновские биотит-амфиболовые граниты на Волыни имеют неравномернoзернистую структуру с участками пегматоидных и графических выделений. В них

наблюдаются жильные и шлировые пегматитовые образования разнообразной формы и обилие миарол.

Шлировые пегматиты, размером около 2 м<sup>2</sup> в плане, обычно находятся на контакте средне- и крупнозернистого гранита и имеют зональное строение. Последовательность зон от периферии к центру пегматита следующая: графическая, блоковые — кварцевая и полевошпатовая, занорыш с кристаллами мориона, до 30 см. по оси L<sub>3</sub>.

Миаролы встречаются в породе пегматоидной и графической структуры. Последняя представлена зернами красного полевого шпата и темносерого кварца, величина зерен уменьшается по направлению к занорышу. Иногда кварц радиально прорастает полевым шпатом. По периферии таких образований выделяются монокристаллы кварца и полевого шпата, величиной менее 3 см. В миаролах серый кварц переходит в морион, кристаллы полевого шпата альбитизируются. Кроме кварца и полевого шпата в миаролах редко присутствуют сидерит, флюорит, молибденит, ставролит, слюда, шприт (определены рентгенометрически).

В кристаллах кварца из шлировых пегматитов первичные и ранне-вторичные включения гомогенизируются в интервале температур 390—70°C. В кристаллах миарол максимальная температура гомогенизации включений равна 180°C. Температура образования ихтиоглиптов серого кварца графики не определена, так как в них обнаружены только вторичные включения, температура гомогенизации которых лежит в интервале 374—100°C.

Методом вакуумной вытяжки из кварцев всех структурных зон шлировых пегматитов и вмещающих гранитов был добыт газ, состоящий из углекислого газа, азота в сумме с редкими газами и предельных углеводородов. Преобладающим газовым компонентом является углекислота. 80—90% CO<sub>2</sub> установлено в кварцах занорыша и блоковой зоне, в графической зоне и граните количество CO<sub>2</sub> снижается до 40—60%. Для предельных углеводородов обнаруживается обратная зависимость: наибольшее количество газа содержится в граните (28 об.%) и графике (0,2 об.%). В кварцах гранита, блоковом и занорышевом содержание азота с редкими газами 4,5—10 об.%. И только на контакте мелкозернистого гранита с графикой обнаружено аномальное содержание этого газа (90 об.%), что характерно для свежих мало измененных гранитов Вольни.

На масс-спектрометре МХ-1303 был получен анализ газа из группы однотипных жидко-газовых включений серого

кварца графической породы и кристаллов мориона из миа-рол, затравкой для роста которых служил кварц графики. Были определены следующие газы:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ . Содержание газовых компонентов в сером кварце графики:  $\text{CO}_2$ —90,45  $\text{N}_2$ —5,11  $\text{CH}_4$ —2,57  $\text{H}_2$ —1,79  $\text{O}_2$  0,079; в морионе:  $\text{CO}_2$ —67,6  $\text{N}_2$ —10,12  $\text{CH}_4$ —1,06  $\text{H}_2$ —21,19  $\text{O}_2$ —0,03.

Результаты определения состава газов показывают дифференцированное поведение главных летучих компонентов минералообразующей среды. В процессе формирования шпировых пегматитов минералообразующие флюиды были существенно обогащены углекислым газом и в значительной степени обеднены азотом и предельными углеводородами. В кварце графики и морионе миарол также наблюдаются отличия, в частности, в поведении углекислого газа, важного компонента при росте кристаллов. Так, в кристаллах мориона почти на 30% меньше  $\text{CO}_2$ , чем в кварце графики.

Из вышесказанного следует, что во время образования шпировых пегматитов минералообразующая система была относительно замкнутой и газы концентрировались при формировании занорыша, принимая существенное участие в росте кристаллов. Гидротермальные растворы, из которых кристаллизовался кварц миарол, были низкотемпературными и содержали меньшее количество углекислого газа по сравнению с кварцем ихтиоглиптов.

УДК 553.065.2+549.8(477 61)

**Вл. А. КАЛЮЖНЫЙ, И. Н. ЗИНЧУК, И. М. СВОРЕНЬ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

## **МЕТАНОВЫЕ И ВОДНО-МЕТАНОВЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ В МИНЕРАЛАХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ЖИЛ ДОНБАССА**

1. Широко распространенные в центральной части Донбасса гидротермальные кальцитовые жилы изредка содержат мелкие (до 1,0 см по  $L_3$ ) кристаллы кварца. Они представлены двусторонне ограниченными (иногда скелетного строения) индивидами. Морфология кристаллов определяется примерно равным развитием ромбоэдров  $r\{1011\}$ ,  $z\{0111\}$  при подчиненном проявлении граней гексагональной призмы  $m\{1010\}$ . Окраска кварца — светлодымчатая, неравномерная.

2. В кварце установлены первичные и вторичные включения. Находящиеся в зонах роста и приуроченные к присып-

кам микрокристалликов кварца и кальцита первичные очень мелкие (0,02—0,03 мм) включения при комнатной температуре являются однофазными. При охлаждении в них появляется газовый пузырек, занимающий при  $-80^{\circ}\text{C}$  примерно 30—35% объема включения. Гомогенизация включений в жидкую фазу наступает при  $-77^{\circ}\text{C}$ . Анализ состава летучих первичных и вторичных включений данного типа на масс-спектрометре МХ-1303 показал следующие результаты:  $\text{CO}_2$  — 1,6%;  $\text{N}_2$  — 2,8%;  $\text{CH}_4$  — 95,6%;  $\text{C}_2\text{H}_6$  и др.  $< 1\%$ . Полученные данные показывают, что жидкая фаза  $L_1$  первичных включений представлена метаном, находящимся при комнатной температуре в надкритическом состоянии. Некоторое превышение температуры гомогенизации над критической температурой метана ( $-82,1^{\circ}\text{C}$ ) обусловлено примесью этана и др. углеводородов (первое устное сообщение о включениях метана в кварцевых жилах центральной части Донбасса сделал Д. К. Возняк).

3. Вторичные включения в кварце представлены семействами разнонаполненных существенно метановых ( $G, L_1$ ), водно-метановых ( $L_1+L$ ), метаново-водных ( $L+L_1$ ) и газво-водных ( $L+G$ ) включений ( $L$  — водный раствор,  $L_1$  — жидкий метан в до- или надкритическом состоянии,  $G$  — газ). Включения ранневторичные  $L_1$  ( $T_{\text{гом}} = -70^{\circ} \text{—} -76,2^{\circ}\text{C}$ ) и газовые существенно метановые  $G$  встречаются редко; гомогенизация последних осуществляется в газовую фазу при  $-70^{\circ}\text{C}$ , — температуре очень близкой к критической (в пределах  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), что устанавливается по четким явлениям критического сближения фаз. Отличие полученной температуры от критической для метана может обуславливаться, согласно справочным данным, примесью примерно 0,07 мольных долей этана или 0,01 мольных долей пропана. Ранневторичные включения  $L \pm G$ , находящиеся в центральных частях кристаллов, гомогенизируются в жидкую фазу при  $148\text{—}150^{\circ}\text{C}$ , а приуроченные к вершинам — при  $130\text{—}132^{\circ}\text{C}$ . Концентрация растворов соответствует примерно 3%  $\text{NaCl}$  (установлено криометрическим методом).

4. Включения в кальците очень мелкие. Фазовый и компонентный состав их ( $\text{CO}_2$ —2,0%,  $\text{N}_2$  3,1%,  $\text{CH}_4$  — 94,9%,  $\text{C}_2\text{H}_6$  и др.  $< 1\%$ ) аналогичен вышеописанным.

5. Минералообразующие флюиды изученных жильных образований, таким образом, характеризовались в основном гетерогенным агрегатным состоянием. Сосуществующие фазы: водный раствор и высокоплотный метан с примесью  $\text{CO}_2$  и углеводородов находились в условиях повышенных

температур и давлений. В процессе кристаллизации кварца температура и давление флюидов снижались. Судя по более поздним ранневторичным сингенетичным между собой включениям гомогенного происхождения  $L_1G$  (критическая плотность примерно отвечает метану, то-есть равна  $0,162 \text{ г/см}^3$ ) и  $L \pm G$  ( $T_{\text{гом.}} = 130-132^\circ\text{C}$ ) начальные параметры кристаллизации превышали  $130-150^\circ\text{C}$  и  $360 \text{ атм.}$

УДК (548.4+549.88) : 549.514.51 : 477.61

**Д. К. ВОЗНЯК, В. И. ПАВЛИШИН**

(Институт геохимии и физики минералов АН УССР, г. Киев)

### **О КВАРЦЕ С ВКЛЮЧЕНИЯМИ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ ЖИЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА**

В пределах северного крыла Краснянской антиклинали (5 км южнее г. Краснодона) геологом В. И. Шелухиным (трест «Ворошиловградгеология») встречена в песчаниках  $S_2^2$  кварцевая жила мощностью 1—8 см. В ее гнездах обнаружены кристаллы кварца, в кристаллической решетке и включениях которого нами установлены углеводороды.

Кристаллы представлены одно- и двуголовыми индивидами размером до 5 см вдоль главной оси. Они ограничены призмой  $m\{10\bar{1}0\}$  и основными ромбоэдрами  $r\{10\bar{1}1\}$  и  $z\{0\bar{1}11\}$ . Характерны скелетные формы. Кристаллы бесцветны или окрашены в дымчатый цвет. Последний имеет неравномерное распределение в теле кристалла. Обычно дымчатая окраска приурочена к участкам, примыкающим к ребрам  $rz$ ,  $mz$ , реже — к  $\langle 10\bar{1}1 \rangle$  и  $\langle 0\bar{1}11 \rangle$ . Кроме того, она наблюдается в виде ореолов вокруг крупных дефектов (каверн, включений) в пирамидах роста ромбоэдров. Такое распределение окраски вызвано избирательной адсорбцией изоморфных примесей ребрами в процессе скелетного роста кристаллов. Искусственное облучение кристаллов  $\gamma$ -лучами (до полного насыщения) усиливает густоту дымчатой окраски и практически не влияет на бесцветные участки.

Минерал содержит большое количество первичных и в меньшей мере вторичных включений. Первичные включения находятся в пирамидах роста ромбоэдров и обычно имеют форму отрицательных кристаллов. Размер их колеблется в широких пределах — от десятых долей до 5—6 мм. Наполнение первичных включений различное:  $L_2(G_2)$ ;  $L_1+L_2(G_2)$ ,  $L_2=2-5\%$ ;  $L+G$  ( $L=80-95\%$ ). Криометрическими измерениями установлено, что температура гомогенизации вклю-

чений ( $L_2, G_2$ ) колеблется от  $-75$  до  $-80^\circ\text{C}$ . Характер фазовых изменений показывает, что плотность вещества включений обычно отвечает критическому состоянию, реже включения гомогенизируются то в жидкость, то в газ. Аналогичными свойствами паделены фазы ( $L_2, G_2$ ) включений, содержащих жидкость  $L_1$ . При температуре  $-180^\circ\text{C}$  замерзает основная масса вещества включений, критическая температура которых около  $-80^\circ\text{C}$ , что позволяет отнести его к метану. Близкий к метану углерод установлен также методом ИК-спектроскопии кварца по наличию полос поглощения в области  $2800-3000\text{ см}^{-1}$  соответствующих валентным колебаниям С-Н связей в междуузлиях кристаллической решетки. Кроме того, в растворе включений присутствуют и другие углеводороды. В зависимости от концентрации растворение их в метане происходит в пределах от  $-145$  до  $-79^\circ\text{C}$ . Температура таяния жидкости  $L_1$  выше  $0^\circ\text{C}$  (около  $+10-15^\circ\text{C}$ ). В ультрафиолетовых лучах фазы включений углеводородов не люминесцируют. Температура гомогенизации включений с фазой  $L_1+L_2+G_2$   $150-160^\circ\text{C}$ .

Первичные включения типа  $L+G$  ( $L=80-95\%$ ) представлены водными растворами с низким содержанием солей. Иногда отмечается совместное нахождение в одной зоне роста включений водных растворов ( $L+G$ ) и углеводородов ( $L_2(G_2); L_2(G_2)+L_1$ ), что указывает на гетерогенность минералообразующего раствора. Минимальные температуры гомогенизации  $+125-160^\circ\text{C}$ . Гипотетическое включение метана критической плотности при данных температурах имеет давление  $350-400$  атм. Очевидно, близкие величины давления характеризуют природные условия захвата кварцем включений углеводородов.

Исследуемый кварц близок к «мармарошским диамантам» Советских Карпат (Возняк и др., 1973, 1974) и может служить поисковым критерием на газ и нефть.

УДК 548.4 : 550.41

**Ю. Г. МАЙСКИЙ**

(Ростовский госуниверситет, г. Ростов-на-Дону)

## **УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ РЕЛИКТЫ В ГИДРОТЕРМАЛИТАХ ДОНБАССА**

Гидротермалиты Центрального и Восточного Донбасса, представленные кварцевыми, кварцево-карбонатными и карбонатными жилами и прожилками, практически всегда со-

держат реликты углерода или его соединений в виде разнообразных включений в минералах. Это тонкодиспергированный углистый материал, жидкая и газообразная двуокись углерода и битуминозные вещества.

Углистый материал наблюдается в удлиненно-шестоватых и волокнистых разновидностях кварца и карбонатов прожилков, секущих пласты угля и выполняющих трещины отслаивания в их кровле и подошве. Мелкие обломки и чешуйки угля образуют шлейфовидные скопления в центральных частях прожилков и межкристалльных пространствах. Включения с двуокисью углерода обнаружены в кварце всех изученных гидротермальных проявлений. Содержание  $\text{CO}_2$  в них колеблется в широких пределах, достигая 80—90% от объема вакуолей.  $\text{CO}_2$  является составной частью растворов, заполняющих первичные, мнимо-вторичные и вторичные включения. Битумсодержащие включения локализованы в системах залеченных трещин в кварце и карбонатах, имеют уплощенную форму и сложную конфигурацию вакуолей. Фазовый состав таких включений неоднороден, наряду с гомогенными реликтами наблюдаются и гетерогенные (битумводный раствор).

Генетическая позиция углерода и его соединений в эндогенном минералообразовании в Донбассе неоднозначна. Наиболее активным компонентом минералообразующих растворов являлась двуокись углерода, содержанием которой в значительной мере определялись такие их параметры как величина pH, давление, химическая активность по отношению к карбонатам и др. С резкими изменениями содержания  $\text{CO}_2$  в растворах связана массовая кристаллизация кварца и карбонатов как в средне- так и в низкотемпературных гидротермалитах. Углистый материал образовывал механическую смесь, скорее препятствующую, чем способствующую кристаллизации минералов. Кроме того, его присутствие обуславливало, по-видимому, специфическое структурное состояние раствора, приводившее к образованию волокнистых и игольчатых разновидностей кварца и карбонатов, встречающихся только в угольных пластах или в непосредственной близости от них. Битумы обнаружены в наиболее низкотемпературных генерациях минералов, составляющих незначительный процент от общей массы гидротермалитов и не могли играть заметной роли при их формировании.

Р. А. АХВЛЕДИАНИ, Г. М. ГИГАШВИЛИ

(Институт геологии АН ГССР, г. Тбилиси, Институт геологии  
и геохимии горючих ископаемых АН УССР, г. Львов)**ВКЛЮЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В КВАРЦАХ  
ИЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ЖИЛ ТЕЛЕТСКОГО ХРЕБТА**

Исследовались кристаллы кварца из ломонит-кварц-кальцитовых жил, развитых по секущим трещинам и трещинам отдельности в среднеэоценовых вулканогенно-осадочных породах Телетского хребта, обнажающихся в юго-восточной части окрестности г. Тбилиси. Вулканогенно-осадочная толща состоит из туфопесчанников и туфобрекчий с покровами андезито-базальтов и андезито-дацитов, с которыми перемежаются темносерые плитняковые глины и мергели с чешуйными рыб (Лиролеписовые слои). Разрез завершает так называемая свита «запутанного напластования», представленная обломками и валунами пород нижележащих пород.

Для жил, выполняющих трещины отдельности, характерно присутствие смоляно-черного хрупкого битума, который образует натски или корочки на мелкокристаллическом кальците, слагающем зальбанды. В полостях свободного роста на эти зальбанды нарастают ромбоэдрические кристаллы кальцита, шестоватые кристаллы ломонита (до 5 мм длиной) и хорошо ограненные прозрачные кристаллы кварца призматического, скипетровидного и изометрично-дипирамидального обликов. Кристаллы окружены битумом, и внешне их зоны захватывают его в виде включений. Размеры кристаллов кварца по оси  $L_3$  2—10 мм.

В жилах, развитых по секущим трещинам, присутствие черного битума не зафиксировано. Зальбанды их сложены мелкозернистым кальцитом с примесью ломонита, к которым тяготеют короткопризматические хорошо ограненные слабо замутненные кристаллы кварца, «погруженные» в крупнокристаллическую сплошную массу белого кальцита, выполняющего центральную часть прожилков. В пустотах выщелачивания, развитых в кальците, наблюдается повышенное содержание шестоватых кристаллов ломонита, а также отпреарированные кристаллы мутного кварца, иногда регенерированного бесцветным хрусталевидным кварцем. Размеры кристаллов не превышают 10 мм по оси  $L_3$ . Мощность прожилков не более 1,5 см.

Во всех кристаллах кварца описанных прожилков наблюдаются первичные и вторичные включения жидких и твер-

дых углеводородов. Среди первичных включений, расположенных по зонам роста, выделяются два основных типа.

Первый тип: газово-жидкие включения с наполнением (содержанием жидкой фазы в объемных процентах) — 85—90%. Стенки вакуолей представлены кристаллографическими гранями или иррациональными плоскостями, чаще же их комбинациями. На стенках наблюдаются примазки более плотного битума коричневого цвета и капли маслянистой эмульсии желтоватого цвета. Преобладающая по объему жидкая фаза включений имеет желтоватый до буроватого цвет (эмульсия окрашена всегда плотнее). Температура частичной гомогенизации этих включений в жидкую фазу—87—102°C. Температура растворения эмульсии—130—140°C. Давление во включениях, измеренное при комнатной температуре, 110—115 атм. Замораживание включений до —110°C не приводит к существенным фазовым превращениям, кроме незначительного увеличения объема газовой фазы. В ультрафиолетовом свете жидкая фаза люминесцирует желтовато-молочным цветом.

Второй тип: газово-жидкие включения с наполнением 50—60%. Вакуоли имеют часто форму хорошо ограниченных дигипирамидальных, короткопризматических отрицательных кристаллов. Помимо газовой и жидкой фаз имеются примазки бурого и комки черного битумов. Температура гомогенизации этих включений в жидкую фазу —110—120°C. Жидкая фаза бесцветная в обычном свете, а в ультрафиолетовых лучах люминесцирует синим цветом (похожим на цвет пламени светильного газа). Давление во включениях при комнатной температуре 200—205 атм. При замораживании включений этого типа 90—180°C наблюдается целый ряд фазовых переходов, указывающих на то, что основным вещественным компонентом газовой фазы является метан:

Названные типы представляют крайние члены целого ряда первичных включений промежуточных по наполнению, температуре гомогенизации, характеру люминесценции и другим свойствам. Они часто вскрыты трещинами, что приводит к их перенаполнению или просто утечке части вещества и возникновению при залечивании разнонаполненных включений, в том числе и трехфазных, в которых кроме газовой и жидкой углеводородных фаз присутствует водный раствор с концентрацией менее 1 вес. % (по данным криометрии). Оставшаяся во включении жидкая углеводородная фаза более плотная и густо окрашенная, чем исходная. Форма этих включений, особенно наиболее крупных, непра-

вильная. Размеры вакуолей первичных включений колеблются от сотых долей мм до 1—1,5 мм.

Наибольшее количество сохранившихся первичных включений наблюдается в кварцах из жил, выполняющих трещины отдельности, и в головках кристаллов из остальных жил. Корневые и стержневые части кристаллов из секущих жил содержат густую сеть вторичных включений жидких углеводородов и наиболее поздних водных растворов.

Отсутствие первичных включений водного раствора не дает еще право предполагать формирование кристаллов кварца из чисто углеводородных флюидов, так как экспериментально доказан преимущественный захват, в виде включений, углеводородной фазы кварцем, растущим в водном растворе, содержащем эмульсию жидких углеводородов.

В работе показана возможность использования включений в минералах для установления условий миграции и характера эволюции углеводородных флюидов.

УДК 549.0 : 552.578 : 479.22

**Д. В. АРЕБАДЗЕ, В. З. ЯРОШЕВИЧ**

(Кавказский институт минерального сырья, г. Тбилиси)

**М. И. КУЧЕР**

(Институт физики Даг. филиала АН СССР, г. Махачкала)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВО-ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ С УГЛЕВОДОРОДАМИ В МИНЕРАЛАХ КВАРЦ-КАЛЬЦИТОВЫХ ЖИЛ ИЗ РАЙОНА Г. ТБИЛИСИ**

1. Исследовались включения углеводородов в кристаллах кварца и кальцита из гидротермальных кварц-кальцитовых жил, секущих среднеэоценовые породы, представленные глыбовыми брекчиями «горизонта запутанного напластования».

2. Кристаллы кварца дипирамидально-призматические, прозрачные или полупрозрачные длиной от 0,5 мм до 30 мм. Размеры включений в них колеблются от 0,01 до 2 мм. В кальцитах размеры включений не более 0,1 мм. Температуры гомогенизации изучались с помощью микротермометрической камеры. Содержимое включений исследовалось на люминесцентном микроскопе ЛМ-2 и масс-спектрометре МВ-2302 с высокой разрешающей способностью.

3. Включения углеводородов подразделяются на однофазовые (жидкие, твердые и газовые), двухфазовые (газо-жидкие и жидко-твердые) и трехфазовые — многокомпо-

нентные. Цвет жидкой фазы от бесцветного до коричневого. Цвет твердой фазы от желтоватого до черного.

4. Температура гомогенизации газовой-жидких и многофазовых включений с углеводородами колеблется от 60 до 145°C. Растворение твердых фаз не наблюдается. Температура гомогенизации газовой-жидких включений гидротермальных растворов колеблется в интервале 80—215°C.

5. На масс-спектрометре установлен следующий газовый состав содержимого включений в кварцах (молекулярные проценты): метан — 21,6; азот — 15,7; этан — 2,5; бутан — 3,1; пропан — 1,4; тяжелые углеводороды — 16,3; углекислый газ — 0,8; вода — 37,7. В кальцитах количество включений, содержащих битумы, меньше, что отражается и в их газовом анализе: азот — 12,2; углекислый газ — 3,5; метан — 3,4; этан — 0,1; тяжелые углеводороды — 3,8; вода — 77.

6. Наличие углеводородов во включениях может быть объяснено заимствованием их из вмещающих пород по мере продвижения растворов.

УДК 549.0+552.578.1+(447.8)

**М. Д. БРАТУСЬ, И. М. СВОРЕНЬ, В. В. ДАНЫШ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР)

### **ВКЛЮЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В В «МАРМАРОШСКИХ ДИАМАНТАХ» КАРПАТ КАК ПОКАЗАТЕЛИ МИГРАЦИИ НЕФТЯНЫХ ФЛЮИДОВ**

В разрезах Украинских Карпат среди мелового и палеогенового флиша встречаются так называемые «мармарошские диаманты». Это прозрачные бесцветные и реже дымчатые или розовые кристаллики кварца в виде единичных форм и разнотищных друз по трещинам в песчаниках и алевролитах. Распределение кристалликов по площади имеет определенную закономерность: они повсеместно приурочены к зонам прослеживания разрывных нарушений. Разрывы служат путями миграции флюидов и местами кристаллизации «диамантов». Морфология, состав включений и условия образования «диамантов» из Чивчинских гор и Раховского массива рассматривались ранее в работах (Матковский, 1961; Возняк и др., 1973; Калужный и др. 1974).

Проводилось исследование включений в кристалликах «диамантов», приуроченных к разновозрастным отложениям южной части Украинской Карпат: с. Люта, Дуклянская зо-

на, верхний мел; с. Нижние Ворота, Кросненская зона, олигоцен; с. Воловец, Дуклянская зона. Исследование включений в них представляет определенный интерес коррелятивов миграции углеводородов в Карпатском регионе.

Большинство включений в кристалликах «диамантов» первичные и представлены существенно-газовыми (G), реже — двухфазовыми включениями типа L+G. Жидкая фаза представлена в одних случаях водным раствором (L) в других — светлобурой жидкостью типа нефти (L<sub>1</sub>).

Существенно-газовые включения (G) находятся под давлением 40—50 атм. при комнатных условиях, а при нагревании до 70—100°C интенсивно взрываются. Часто стенки вакуолей покрыты пленкой светлобурого цвета, которая не испаряется при вскрытии включений на воздухе. Масс-спектральный анализ газового состава включений типа G с пленкой и без нее показали преобладание метана (табл. №№ 1—3). Отдельные включения типа (G) светятся в рафиолетовом свете (УФС), другие же на УФС не реагируют.

Изучена группа включений светлобурых маслянистых жидкостей (L<sub>1</sub>+L<sub>2</sub>). В таких двухфазовых включениях четко видна фазовая граница. Обе фазы имеют светлобурую окраску и светятся в УФС голубым светом, что указывает на присутствие нефтяных углеводородов, растворенных в обеих фазах. В составе таких включений кроме метана обнаружены его высшие гомологи и другие компоненты (табл. № 4). Такой состав газов увеличивает их растворяющую способность (Жузе, 1974) по отношению к нефтяным углеводородам.

№№ п.п.	Компоненты в %*									Место отбора, тип включения
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	
1	97,48	—	—	—	—	—	2,52	—	—	с. Люта, Дуклянская зона, G
2	97,66	—	—	—	—	—	2,34	—	—	с. Воловец, Дуклянская зона, G, (обр. О. И Ступки)
3	100,00	—	—	—	—	—	—	—	—	с. Нижние Ворота, Кросненская зона, G
4	62,21	6,71	6,06	3,97	1,32	1,04	5,37	—	13,32	с. Нижние Ворота, Кросненская зона, L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> .
5	97,39	0,12	—	—	—	—	1,67	0,25	0,57	Крым, Говричская свита, G.

\* Анализы выполнены на масс-спектраторе МХ-1303. Приведены обнаруженные компоненты.

Газово-жидкие включения представлены фазами разного состава и соотношения. У включений типа (L+G) газовый пузырек иногда светится в УФС. Во включениях типа (L<sub>1</sub>+G) фаза L<sub>1</sub> представлена светлорурой жидкостью, светящейся в УФС. Во всех типах включений присутствует черный смолистый битум до 1—1,5%.

На основании изучения температур фазовых переходов, состава и других параметров предполагается, что законсервированные газовые включения в «мармарошских диамантах» Карпат по составу представлены газоконденсатами. Включения другого фазового состава генетически связаны с газоконденсатами и отображают разнообразие и сложность термобарических условий преобразования нефтяных флюидов в процессе миграции.

УДК 549,88 : 549,514.51(447.87)

**Б. В. ЗАЦИХА**

(Ивано-Франковский институт нефти и газа)

### **ВКЛЮЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ КВАРЦЕ ЗАКАРПАТСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ**

Включения углеводородов установлены в кварце типа «мармарошских диамантов», приуроченных к зонам дробления песчанников и аргиллитов, и в жильном кварце месторождений и рудопроявлений Вышковского рудного поля.

I. Кварц типа «мармарошских диамантов» имеет региональное распространение в полосе, заключающейся между зоной Закарпатского глубинного разлома (с. Турнца, с. В. Бычков, с. Кобылецкая Поляна, окрестности г. Рахова) и зоной Петрошского глубинного разлома (с. Черноголово, с. Воловец, с. Лисковец, с. Торунь, с. Ясиня, Чивчинские горы). «Мармарошские диаманты» известны на территории Румынии и Чехословакии. Часто они ассоциируют с наложенной минерализацией призматического кварца, кальцита с антимонитом, реальгаром, иногда киноварью и смолянисто-черным органическим веществом, именуемым элькеритом (Архипова, 1951) или антраксолитом (на дебаеграмме появляются линии 4,3; 3,43; 3,10 и 1,901).

Кристаллизация «мармарошских диамантов» происходила из сложных углеводородно-водных растворов гетерогенного состояния в интервале 170—140°C (Возняк и др., 1973;

Заиха, 1974). Углеводороды представлены, в основном, метаном различной плотности (Таблица) и реже жидкой нефтью (с. Торунь, р. Маскотин). Чаще встречаются включения, стенки которых покрыты пленками твердого желтовато-бурого смолянистого вещества. Экстракция последнего в спирто-бензоле и хлороформе позволила установить его нефтяную природу (выделен маслянисто-смолянистый битумонд А, который обнаруживает в катодных лучах голубовато-белосое свечение).

Криометрия и термометрия включений углеводородов

Состав	с. Воловець		с. Торунь		с. Лисковец		р. Перкалаб	
	п·10 <sup>-4</sup>	%	п·10 <sup>-4</sup>	%	п·10 <sup>-4</sup>	%	п·10 <sup>-4</sup>	%
CH <sub>4</sub>	14,5	81,6	43,5	44,6	1875,0	99,23	56,25	91,4
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,43	8,1	33,8	34,2	11,6	0,61	3,80	6,2
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	—	—	—	—	следы		следы	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,72	4,1	8,1	8,1	1,6	0,08	0,72	1,2
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	—	—	—	—	1,0	0,05	—	—
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,42	2,4	3,8	4,0	0,3	0,03	0,40	0,7
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,67	3,8	6,1	6,0	—	—	—	—
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	—	—	3,1	3,1	—	—	—	—
Криометр.	—110(ж)		—68 (газ)		—80 (газ)		—89 (ж.)	
Термометр.	240 °С		140 °С		180 °С		170 °С	

Примечание. Частичная гомогенизация углеводородов кварца Черноголово происходила при —70,5°С, Турницы — при —68 С, Рахова — при —100 (все в жидкость). Первичные включения во всех изученных кварцах относятся к типу «взорванных». Включения в кварце Кобылецкой Поляны состоят из одного метана (Калужный, 1974).

2. В жильном кварце золото-полиметаллических и ртутных рудопроявлений Вышковского рудного поля в составе первичных включений гетерогенного состояния также обнаружены метан и его гомологи (г. Кварцевая, Баня и др.).

При отрицательных температурах происходит частичная гомогенизация ( $-65$ — $-72^{\circ}\text{C}$ ) новой фазы с расплавлением. Из кварцев экстрагирован маслянисто-смолистый битумоид А (Боркут, г. Кварцевая), в них же хроматографически определены следы тяжелых углеводородов. Учитывая нахождение пострудных кертиситов и парафинов в составе ртутных руд и вышеприведенные факты наличия метана и нефтяных битумов в составе включений, можно предположить тесную связь между углеводородами и тяжелыми элементами. Не исключено, что золото, свинец, цинк и ртуть могли переноситься в форме углеводородных комплексов, так как форма переноса ртути в виде щелочного сульфидного комплекса подвергается сомнению (Айдиньян и Озерова, 1968; Ходаковский, Попова и Озерова, 1975), а изотопный состав серы минералов ртутных парагенезисов Вышковского ртутного поля говорит о первичном сульфатном состоянии серы, что увязывается с восстановительной ролью углеводородов.

УДК 552.578 : 549.454.2

**Г. Н. БОБОЛОВИЧ**

(Институт геологии Коми филиала АН СССР, г. Сыктывкар)

### **МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕМЕЙСТВ ВКЛЮЧЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ ВО ФЛЮОРИТЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРЕБТА КОХ-И-МАРАН (Зап. Пакистан)**

В результате экспериментального изучения семейств включений, образующихся при росте кристаллов алюмокалиевых квасцов в растворах с потоками пузырьков газа различной интенсивности было выделено три генетических типа семейств, различающихся по механизму и условиям их образования, явлениям последующего преобразования и информативности. Указанные различия фиксируются определенными морфологическими особенностями, главными из которых являются: а) расположение семейств в кристалле; б) фазовое состояние содержимого включений и соотношение фаз; в) форма слагающих семейства включений. Делается вывод о проявлении типоморфизма морфологических особенностей семейств включений, что лежит в основе разработанного метода исследований — морфогенетического анализа семейств включений в кристаллах.

Приложение морфогенетического анализа к исследованию семейств включений углеводородов в пластинке флюорит-

та месторождения хребта Кох-и-Маран, переданной автору Ф. П. Мельниковым (МГУ), позволило утверждать, что включения во флюорите возникли в результате поступления углеводородов в систему в виде капель и наметить следующие стадии кристаллообразующего процесса:

1) первое кратковременное появление углеводородов в системе кристаллизации в спокойных условиях роста; 2) перерыв в поступлении углеводородов; 3) незначительное увеличение интенсивности выделения углеводородов при слабых по амплитуде и редких пульсациях в скорости роста граней кристалла; 4) перерыв в выделении углеводородов; 5) резкое увеличение скорости роста кристалла и интенсивности выделения капель углеводородов с последующим ее увеличением на фоне постепенного падения скорости роста, происходящего пульсационно с постепенным увеличением амплитуды пульсаций и уменьшением их частоты; 6) перерыв в росте кристалла; 7) блочный рост в стабилизированных условиях с относительно минимальной скоростью при минимальных интенсивностях поступления в систему капель углеводородов.

Замеры температур гомогенизации содержимого сингенетичных газовой-жидких включений водного раствора указывают на общее увеличение температуры кристаллизации к концу процесса.

УДК 550.4 : 550.42 : 549.451.1.

**В. С. ШАЙДЕЦКАЯ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

### **ВКЛЮЧЕНИЯ ЖИДКОЙ УГЛЕКИСЛОТЫ В ГАЛИТЕ ИЗ ДЕВОНСКОЙ КАМЕННОЙ СОЛИ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ**

1. С целью выяснения физико-химических параметров образования каменной соли в период формирования соляных штоков исследовались образцы галита, отобранные по Ново-Сенжарской площади (скв. 3). Применялась методика исследования различных включений в галите: анализировался их химический состав (определялось количественное содержание основных элементов  $K^{+1}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  и качественное некоторых микрокомпонентов  $Fe^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $VO_3^{-3}$ ), определялись рН-Ен параметры, температура гомогенизации, давление газа во включениях.

2. Установлено, что образование каменной соли в период формирования соляных штоков происходило при повышенных давлениях (100—125 атм) и температурах ( $>50^{\circ}\text{C}$ ), с участием растворов хлор-кальциево-натриевого состава. Характерно наиболее высокое (по сравнению с другими элементами) содержание в растворах кальция — от 75 г/л до 150 г/л; магний содержится в количестве 5,0 г/л — 20,0 г/л, калий — 8,0 г/л—15,0 г/л;  $\text{Fe}^{+2}$  от 0,0005% до 0,1%,  $\text{Fe}^{+3}$  — 0,0005%,  $\text{VO}_3^{-3}$ —0,001%; pH растворов находится в пределах  $5,65 \pm 0,2$ — $6,15 \pm 0,2$ .

3. Включения содержащие жидкую углекислоту, обнаружены только в крупнокристаллическом водянопрозрачном галите, который выполняет трещину, секущую вмещающую каменную соль. Это двухфазовые (ж+ $\text{CO}_2$ ) и многофазовые (тв.+ж+ $\text{CO}_2$ ) включения. Форма их, как правило, кубическая; размер от 0,1 мм до 1 мм. Наполнение включений колеблется от 38% до 67%. Наиболее часто встречаются включения с наполнением 50%. Установлено, что величина критического давления для жидкой углекислоты равна 70 атм. Тройная точка (существование твердой, жидкой и газовой фаз) наблюдается при  $-56^{\circ}\text{C}$ . Температура частичной гомогенизации в жидкую фазу находится в пределах  $10^{\circ}\text{C}$ — $14^{\circ}\text{C}$ . Методом абсорбционного анализа выявлено, что в исследованных включениях кроме жидкой углекислоты присутствует незначительное количество еще каких-то, пока не определенных, газов. Твердая фаза во включениях представлена ксеногенным материалом. Жидкая фаза — солевой раствор хлор-кальциево-натриевого типа с содержанием кальция от 21 г/л до 50 г/л; магния — 2,0 г/л—4,0 г/л; калия — 32,5 г/л—44,5 г/л. Качественно отмечено присутствие  $\text{Fe}^{+3}$ . pH растворов этих включений составляет  $4,5 \pm 0,2$ — $4,9 \pm 0,2$ . Eh равно 120mv—180mv. Результаты исследования вышеописанных включений позволяют предполагать, что образование галита происходило при участии глубинных растворов, которые являлись источником углекислоты; кристаллизация происходила в гетерогенной системе.

4. Включения, имеющие в составе жидкую углекислоту, наблюдались также в галите из каменной соли других соляных структур Днепровско-Донецкой впадины (Богданы, скв. 20; Восточно-Славянская, скв. 2а).

Проводятся дальнейшие исследования по изучению состава и генезиса этих включений в галите.

В. М. КОВАЛЕВИЧ И. М. СВОРЕНЬ

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)**УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ ГАЗЫ ВО ВКЛЮЧЕНИЯХ В  
СИЛЬВИНЕ ИЗ КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПРЕДКАРПАТЬЯ**

Природа газов в сильвине, как и в некоторых других минералах солей, является дискуссионным вопросом и приобретает особую актуальность в связи с тем, что в последние годы опять выдвигаются гипотезы о глубинном источнике солей.

Сильвин в Предкарпатских месторождениях калийных солей является основным газосодержащим минералом. Газовые включения в нем хорошо изучены, имеются сведения о высоком давлении, под которым газ находится во включениях, высказаны мнения о генезисе сильвина и т. д. В данной работе приводятся конкретные данные о составе газов, величине этого давления и температурных условиях кристаллизации сильвина.

Изучались образцы молочно-белого и прозрачного сильвина из калийных залежей Стебникского, Калушского и Марково-Россильнянской группы месторождений. Кристаллы сильвина отбирались из различных пород, в которых он является основным породообразующим минералом, находится в качестве примеси, образует гнездовые выделения или прожилки, секущие слоистые породы. Газовые включения установлены практически во всех исследованных образцах. Глубины отбора проб находятся в пределах от 80 до 650 м.

Давление газа во включениях определялось по методике В. А. Калюжного (1962) и с помощью специальной термобарокамеры (В. М. Ковалевич, 1973). Изучение состава газов производилось на масс-спектрометре МХ—1303. Извлекался газ из проб путем дробления их в вакуумной ступке.

Газовые включения в изученных образцах несомненно сингенетичны содержащим их кристаллам, о чем свидетельствует установленное в ряде случаев закономерное размещение включений по зонам роста кристаллов. Включения имеют форму отрицательных кубооктаэдров, размер их составляет от долей микрона до 1 мм.

Давление газа во включениях всех исследованных образцов находится в пределах от 30 до 250 атм. Величина давле-

ния контролируется глубиной залегания исследованных пород, хотя зачастую и характеризуется значительными отклонениями.

О температурных условиях кристаллизации сильвина можно судить на основании данных гомогенизации двухфазовых (раствор+кристаллик-узник) включений в галите, обнаруженном в некоторых гнездах сильвина. Температура гомогенизации этих включений составляет от 60—70 до 120°C.

Состав газовой смеси включений следующий: азот (40—90%), углекислота (2—20%), водород (6—34), метан 1,5—17%). В отдельных пробах установлен кислород (до 3%); тяжелые углеводороды не обнаружены. Соотношение углеродсодержащих компонентов (метана и углекислоты) непостоянное.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что образование сильвина, содержащего газы, произошло в результате перекристаллизации залежей в эпигенетическую стадию под влиянием растворов, насыщенных газовыми компонентами и в условиях повышенной температуры и давления. Обогащение растворов газовыми компонентами, судя по их химическому составу, по-видимому связано с разложением имевшейся в отложениях органики радиационно-химическими процессами и, возможно, некоторым подтоком газов из подстилающих нефтегазоносных толщ. Газоносность калийных солей является вторичным процессом и не может объясняться захватом пузырьков воздуха древней атмосферы или поступлением в солеродный бассейн глубинных эманаций.

УДК 553.634.12 : 553.065.2(57 153)

**В. С. ПОЛЫКОВСКИЙ, М. М. ЭЛИНСОН, В. Н. КОЗЫРЕВ**  
(МГ УзССР, г. Ташкент; ИГ и ГАН СССР г. Москва; ЛГХК)

### **О ГАЗОВОМ СОСТАВЕ РАСТВОРОВ, УЧАСТВОВАВШИХ В ОБРАЗОВАНИИ ФЛЮОРИТОВ ЯНГИ-КАНА (КУГИТАНГ-ТАУ В ЮЖНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ)**

1. Флюоритоносные жилы месторождения Янги-Кан приурочены к гранитоидам Кугитанского интрузива в Южном-Тянь-Шане и имеют послепозднегерцинский возраст. Флюориты имеют зеленоватую окраску различной степени интенсивности (зеленовато-белые, до бесцветных, зеленые, зеленовато-синеватые) и прозрачности (от непрозрачных до преимущественно полупрозрачных).

2. Изучение газового состава газовой-жидких включений, присутствующих во флюоритах, проводилось по методике, предусматривающей анализ газов, извлеченных из минералов при дроблении последних в шаровой вакуумной мельнице.

3. Проведенные исследования позволили установить среди газовых компонентов газовой-жидких включений во флюоритах азот, водород и аргон. На уровне горизонта штольни № 6 среди газов минералообразующих растворов, сохранившихся во флюоритах, преобладал азот (максимальные содержания — до  $14,4 \text{ см}^3/\text{кг}$ ), а на уровне горизонта штольни № 4, расположенной на 100 м выше штольни № 6, среди газов, присутствовавших во включениях во флюоритах, главная роль принадлежит водороду (максимальные содержания — до  $36 \text{ см}^3/\text{кг}$ ).

4. Изучение газов, присутствовавших во вмещающих породах, свидетельствует о наличии в их составе водорода и углекислого газа. По предварительным данным отмечено изменение соотношения вышеуказанных газов в зависимости от степени удаления изученных образцов вмещающих мелкозернистых гранитов от контакта с флюоритоносной жилкой: вдали от жилы среди газов во включениях резко преобладает водород (от 75 до 100%), а по мере приближения к контакту с рудным телом заметно увеличивается роль углекислого газа (до 50%).

5. Результаты, полученные при изучении газового состава газовой-жидких включений во флюоритах и вмещающих породах, свидетельствуют о проявлении вертикальной и горизонтальной зональностей, свойственных процессу формирования данного месторождения, что необходимо учитывать при организации здесь детальных поисково-разведочных работ.

УДК 549.21.

**Г. Н. КОКАРЕВ, Е. М. МЕЛЬНИКОВА**

(Всесоюзный научно-исследовательский институт синтеза минерального сырья, г. Александров)

### **УГЛЕРОД И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛАХ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА**

1. В гидротермальных хрусталоносных кварцевых жилах Приполярного Урала, сформировавшихся при температурах  $300\text{—}400^\circ$ , во включениях, содержащихся в жильном кварце,

установлены следующие формы соединений углерода: газообразная и жидкая уголекислота, карбид кремния (муассанит), и карбонаты (кальцит и сидерит) и самородный углерод (графит).

2. Известно, что кислородные соединения углерода (уголекислота, карбонаты) принимают обычно активное участие в процессах гидротермального минералообразования, тогда как карбид кремния — муассанит в гидротермальных образованиях встречен впервые. Он обнаружен в кварцевых жилах не только Приполярного но и Южного Урала, Центрального Казахстана, Алдана.

3. В тяжелой фракции проб-протолок жильного кварца муассанит представлен угловатыми зернами размером 0,1—0,3 мм, иногда в сростках с жильным кварцем. Окраска его неравномерно-пятнистая, в зеленовато-голубых или синих тонах, содержание колеблется от единичных знаков до 0,005 г/т. По данным рентгено-структурного анализа, муассанит относится к структурному типу  $\alpha$ -II гексальной модификации.

4. Муассанит — до недавнего времени считался очень редким минералом, и образование его связывалось с глубинными основными породами. Однако в последние годы участились его находки в различных интрузивных и метаморфических породах.

Согласно современным представлениям природный муассанит имеет довольно широкий диапазон параметров условий образования.

5. Кристаллизация муассанита в кварцевых жилах могла происходить после их образования, в результате сравнительно высокого давления, возникающего при стрессе во время тектонических подвижек. Исходным материалом мог быть самородный углерод (графит) или его соединения.

УДК 548.4 + 553.33

**А. М. НИКАНОРОВ, Э. С. СИАНИСЯН**  
(Ростовский госуниверситет)

## **ВКЛЮЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В КАЛЬЦИТОВЫХ ЖИЛАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА**

В настоящее время одним из важнейших путей решения вопроса нефтегазообразования и нефтегазонакопления является знание палеогидрохимических и термобарических усло-

вий среды. Носителями такой информации являются микро-включения в минералах.

Проведенные нами микроскопические исследования позволили обнаружить в кальцитовых жилах известняков верхнего мела в районе Черногорского глубинного разлома однофазные битумные и битумно-газово-водные включения. Люминесцентно-микроскопический анализ позволил установить, что состав включений первого типа смолисто-асфальтовый, во включениях второго типа присутствует маслянистый битумоид. Размеры этих включений 40—50 микрон. Для определения условий «консервации» этих включений методами гомогенизации и декрепитации исследовались рядом расположенные сингенетичные газово-жидкие включения. Результаты экспериментов показали, что кристаллизация произошла в интервале температур 95—105°C. Декрепитограмма вмещающих известняков на контакте с кальцитовой жилой фиксирует два пика: 100—110°C и 180—220°C. Это свидетельствует о том, что внедрение раствора, переносившего углеводороды, происходило во время относительно поднятия верхнемелового комплекса пород. Данные эксперименты наряду с исследованиями, проведенными Смирновой М. Н., позволили предположить в зоне разлома вертикальную миграцию углеводородов в верхнемеловые коллекторы.

УДК 549.74 : 549.742.111.(477.75)

**А. С. ЩИРИЦА**

(Институт геохимии и физики минералов АН УССР, г. Киев)

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТОВ КРЫМА ПОВЕРХНОСТНОГО И ГЛУБИННОГО ГЕНЕЗИСА**

В пределах территории горного Крыма развиты карбонаты гидротермальных жил и современных пещерных образований. По составу и кристалломорфологии выделяется несколько типов карбонатов гидротермального происхождения. Натечные формы карбонатов пещер (кальцит, доломит) имеют зональное строение и различную степень раскристаллизованности.

Включения минералообразующих растворов жильного кальцита преимущественно однофазные, жидкие. Редко встречаются жильные образования кальцита, в котором включения имеют более высокотемпературный генезис. На-

мечается генетическая связь таких карбонатов с вулканическими, эффузивными породами. Встречены в них включения нефтеподобных жидкостей.

Карбонаты современного генезиса, находящиеся в перетолженном виде на стенках пещер содержат семейства мелких однофазовых и двухфазовых газово-жидких и жидкогазовых включений. Состав газовых компонентов их характеризуется присутствием больших количеств азота (до 50—60%) и углекислоты. Отдельные образцы содержат кислород и сероводород.

Проведенными комплексными исследованиями карбонатов глубинного и поверхностного генезиса намечены черты различия их по формам выделения и составу минералообразующих сред, включая отличия в изотопном составе углерода.

УДК 543.42,061 : 541.12.01.2 + 549.0

**Л. П. ДРУЧОК, Вл. А. КАЛЮЖНЫЙ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

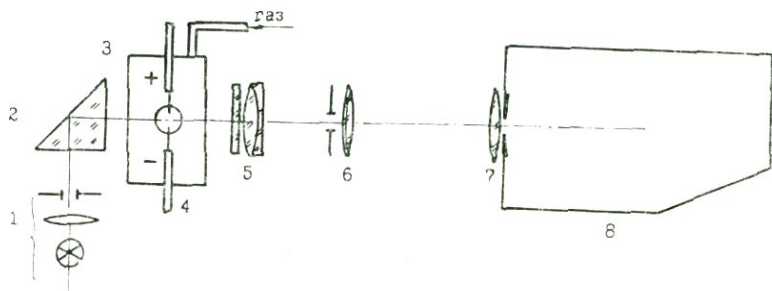
### **МИКРОСПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА ТВЕРДЫХ ФАЗ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ**

1. Исследование включений в минералах невозможно без развития техники микроманипуляций и особых приемов работы с малыми и ультрамалыми количествами вещества. Из отдельных микровключений извлекаются мельчайшие кристаллики, водный раствор, газовые компоненты. Минералы включений и сухой остаток водного раствора исследуются микроспектральным методом анализа.

2. Известны сравнительно эффективные методы спектрального анализа микроколичества твердых веществ. Производимые обычно без извлечения кристалликов из включающего минерала (Генкин, Королев, 1961; Арнаутов, Никитина, 1965). На протяжении ряда лет нами изыскивались возможности анализа отдельных зерен минералов, освобожденных от примеси минерала — хозяина или вещества субстрата (Калюжный, 1958). Это стало возможным благодаря нанесению вещества в порошокобразном виде непосредственно на один из микроэлектродов и созданию интенсивного искрового разряда. Была достигнута, таким образом, достаточная плотность возбужденного элемента в сравнительно

малом объеме искры; одного разряда оказалось достаточно для получения качественной спектрограммы.

3. Оптическая часть установки (рис. ) состоит из микроскопа МПД-1, микроманипулятора ММ-1 и спектрографа ИСП-30. Горизонтально расположенные угольные электроды закрепляются в держателях микроманипулятора. Для возбуждения спектра служит генератор низковольтных импульсов, изготовленных по схеме А. А. Янковского (1956). Зарядка рабочих конденсаторов до напряжения 300 вольт производится с использованием зарядного сопротивления. Емкость конденсаторов в зависимости от выбранного режима съемки регулируется в пределах 2600—6500 мкф.



Оптическая схема установки для эмиссионного микроспектрального анализа;

1 — система осветителя; 2 — прямоугольная призма; 3 — камера для исследований в атмосфере инертного газа; 4 — микроэлектроды; 5, 6, 7 — кварцевые конденсаторы; 8 — спектрограф ИСП-30.

Использование атмосферы инертного газа позволило наряду с определением обычных элементов фиксировать лишь элементы с высокими потенциалами возбуждения. Положительные результаты достигнуты также в определении входящих в состав исследуемых минералов галогенов, серы, мышьяка. Диагностированы многочисленные минералы микровключений, в частности такие как мусковит, блотит, алузит, сидерит, фенакит, циркон, ксенотим, флюоцерит, топаз и др.

Таким образом, установка позволяет производить в основном качественный анализ микроскопических зерен минералов (размером до 0,02—0,03 мм в поперечнике) и определять основные (иногда и примесные) компоненты вещества в широком диапазоне возбудимости с достаточно высокой абсолютной чувствительностью.

В. П. ТЕПЛОВ

(Закарпатская геологическая экспедиция, г. Берегово)

## **НУКЛЕОГЕНЕЗ КАК ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И МАТЕРИАЛЬНАЯ ОСНОВА ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ И МИНЕРАГИИ (РУДО-И НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ)**

Рассмотрение и анализ области неогеновой автономной тектоно-магматической активизации Закарпатья как целостной природной системы позволили выделить ее системообразующие элементы и изучить их взаимные связи и отношения. Важнейшими элементами системы являются гомологические ряды:

1. Тектоно-магматогенные и тектоногенных очаговых структур.

2. Формационных и генетических типов эндогенных рудных месторождений.

3. Формационных типов месторождений углеводородов (Теплов, 1974; Теплов, Лейе, 1974; Лейе, Теплов, 1975).

Отличительной особенностью перечисленных системообразующих элементов является четкий параллелизм в направленной (во времени и пространстве) изменчивости свойств отдельных гомологов по мере увеличения мощности земной коры от 23—25 км на юге региона до 37—40 км — на севере. Этот параллелизм, т. е. проявление закона параллельной изменчивости гомологических рядов, является свидетельством 1) генетического единства всех неогеновых эндогенных месторождений Закарпатья, включая и нефтегазовые; 2) энергетического единства структурообразующих и рудообразующих (нефтегазообразующих) процессов; 3) подкорового размещения единой рудо- и нефтегазогенерирующей системы. О значительной глубине размещения последней свидетельствует также большая латеральная протяженность (около 200 км) системно взаимоувязанных гомологических рядов очаговых структур и приуроченных к ним рудных и нефтегазовых месторождений различных формационных и генетических типов. Поскольку гравитационное поле Земли, как известно, имеет симметрию конуса, то все процессы и явления, происходящие в условиях этого поля, приобретают такую же симметрию. И если в нашем случае основание сечения конуса (латеральная протяженность гомологических рядов) равна примерно 200 км, то высота конуса (глубина размещения единой рудо- и нефтегазогенерирующей системы) должна во много раз превышать эту величину.

Исходя из сказанного, со всей остротой встает вопрос о формах связи неогеновой эндогенной минерализации Закарпатья с магматической деятельностью. Неогеновый магматизм рассматриваемого региона, отличающийся антидромным характером эволюции, проявился в широком развитии пород липарито-игнимбритовой (торгон-сармат) и андезитобазальтовой (паннон-левантин) формаций. Первые, как показано В. В. Науменко (1972, 1974), являются продуктами палингенового спалингенового вулканизма, первичные очаги которого располагались на глубинах 15—20 км, вторые — продуктами подкорковых магматических очагов с глубиной зарождения 60—80 км. Поскольку рудогенерирующая система располагалась значительно глубже, можно утверждать, что магматические очаги и магматические расплавы не явились источником рудного вещества и что в данном случае следует говорить о более специфических формах связи магматизма и оруденения. Эту связь можно охарактеризовать как парагенетическую, но не оруденения с магматизмом, как это обычно принято считать в магматизма с рудогенерирующим процессом.

Последнее должно означать, что магматические расплавы (как внутрикоровые, так и мантийные) зародились под воздействием теплового потока, перемещавшего из глубин Земли основные ингредиенты рудообразующего флюида и насыщавшего расплавы специфическими компонентами, ответственными за так называемые петрологическую и геохимическую специализации изверженных пород. Энергетической и материальной основой такого теплового потока может служить нуклеогенез, понимаемый как экзотермическое преобразование субнейтронного или какого-либо иного «нехимического» (Капустинский, 1956) вещества, оказавшегося в области относительно пониженных давлений вследствие, например, изменения мировой гравитационной константы (Дирак, 1937). Нуклеогенетическими процессами легко объяснить расширение мантии и земной коры в областях автономной тектоно-магматической активизации, включая рифтогенез, и связанное с этим общее расширение Земли, планетарную (антиподальную) симметрию в размещении некоторых однотипных (например, оловоносных) рудных поясов, «металлогеническую специализацию» различных рудных провинций (зависящую, видимо, от глубины и интенсивности преобразования «нехимического» вещества) и др. Наиболее многообещающей представляется возможность объяснения и прогноза количественных соотношений (веро-

ятных запасов) различных металлов в отдельных рудных провинциях, включая количественные соотношения металлов с углеводородами и другими полимеризованными производными нуклеогенеза.

Многие «стандартные» и «нестандартные» геохимические ассоциации металлогенетических зон и провинций скорее отвечают теоретическому ожидаемому распределению и количественному соотношению химических элементов, например, при: r— и s— процессах их образования и не могут в то же время быть объяснены «экстрагированием», «выщелачиванием», «мобилизацией», «регенерацией» и т. п. готовых элементов из готовых горных пород или их расплавов. Такие ассоциации мы предлагаем называть и изучать не как геохимические, а в первую очередь как нуклеогенетические.

Таким образом, нуклеогенез, осуществляющийся в глубинных (приядерных и внутриядерных) зонах Земли, может рассматриваться как универсальная энергетическая и материальная основа процессов автономной тектоно-магматической активизации и минерагении (рудо- и нефтегазообразования). В связи с этим подавляющая часть рудных и нерудных элементов, а также составные компоненты нефтей, газов, воды и других участков минерагенических процессов в областях автономной тектоно-магматической активизации должны считаться ювенильными (первородными). Последнее позволяет думать, что в молодых и современных областях активизации возможно обнаружение в природных условиях короткоживущих трансурановых элементов (экартут, экаспинца и др.).

УДК 549.514/543.8

**Ю. И. ХОЛОДКОВ**

(Ростовский государственный университет, г. Ростов на-Дону)

## **О ВЛИЯНИИ УГЛЕКИСЛОТЫ ВКЛЮЧЕНИЙ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛАНСА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОРОД**

Работа посвящена влиянию углекислоты, находящейся во включениях слагающих породу минералов, на определение баланса органического вещества пород. Объектом исследования явились слабо метаморфизованные первично-осадочные породы Криворожской серни докембрия (абсолютный возраст около 2500 млн. лет). При определении валового содержания органического вещества по  $C_{орг}$  навеска предварительно декарбонатизированной породы сжигалась в токе кислорода.

Породы представляли собой углистые сланцы, в которых

по данным рентгенографического анализа на установке УРС-60, установлено до 70% кварца, до 10% сидерита и цирита и пелитизированное органическое вещество в количестве от 17 до 35%. Графит присутствовал в образцах в форме небольшой примеси от 3-х до 5 процентов, т. е. меньше чувствительности метода. Последнее обстоятельство указывает на низкую (для докембрия) степень метаморфизма пород.

При декарбонатизации образцов полагается, что в остатке сохраняется органо-минеральный комплекс, лишенный углекислоты. Декрепитация зерен кварца из этого остатка размером менее 0,25 мм указывает на наличие в них углекислоты. Осмотр кристалликов под люминесцентным микроскопом с набором фильтров УФС и СЭЗ как в отраженном, так и в проходящем свете люминесценции подтвердил наличие небитуминозных, углекислотных включений размером 10—40 микрон.

Таким образом, при существующих методах определения  $S_{орг.}$  по количеству  $CO_2$ , выделяющегося при сжигании пробы, результаты оказываются завышенными, так как при истирании образцов до 0,1—0,25 мм сохраняются микронные включения с  $CO_2$  не биогенного генезиса.

В связи со сказанным, необходим пересмотр общепринятых методов определения  $S_{орг.}$ , так как получаемые данные могут существенно исказить верную геохимическую интерпретацию результатов. Любая методика определения баланса органического вещества должна учитывать углекислоту включений.

УДК 549.0. : 553.44

**В. Н. ТРУФАНОВ, А. Г. ГРАНОВСКИЙ**  
(Ростовский госуниверситет, г. Ростов-на-Дону)

## **К ТЕРМОДИНАМИКЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ СТРАТИФОРМНЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА**

Полимикротермическими исследованиями сфалерита и барита, находящихся в карбонатно-сульфидных конкрециях стратиформных полиметаллических рудопроявлений Центрального Кавказа (Ташлы-Сырт, Тала-Су, Подгорненское и др.) совместно с органическим веществом обнаружены газо-жидкие водно-солевые и углекислотно-сероводородные включения, гомогенизирующиеся при температуре, соответственно, 160—210°C и 60—70°C. С ними ассоциируют вклю-

чения битуминозных веществ темнокоричневого цвета, тонко диспергированные в мелких трещинках и приуроченные к железистым стяжениям в сфалерите и сидерите, возможно за счет их локального перераспределения в диагенетическом процессе. В барите были найдены мелкие (0,01—0,002 мм) смешанные углекислотно-водно-битумные включения, содержащие темнокоричневое органическое вещество, пикрустирующее стенки вакуолей.

Сравнительное геолого-структурное, минералого-петрографическое и термобарометрическое изучение стратиформных проявлений показало, что рудные конкрекции приурочены к локальным палеотемпературным аномалиям в пределах рудовмещающих пластов. Причиной возникновения этих аномалий могут быть специфические реакции взаимодействия рудообразующих растворов с органическим веществом в процессе эволюции минералообразующей системы, в ходе которых выделялось избыточное тепло.

Органическое вещество в зоне возрастающего теплового эффекта претерпевало ряд превращений, связанных с отщеплением низкомолекулярных продуктов:  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_4$ . В то же время при температурах порядка 160—250°C, за счет процессов окислительно-восстановительного диспропорционирования, идущих с выделением определенного количества энергии, происходило новообразование веществ, фиксирующихся, возможно, в виде битумов в минералах.

УДК 549.88

**Т. М. СУЩЕВСКАЯ, В. В. МАЛАХОВ**

(ГЕОХИ АН СССР, г. Москва. Дальневосточный геологический институт ДВНЦ, г. Владивосток)

### **УГЛЕКИСЛОТА И ДРУГИЕ ГАЗЫ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ ОЛОВОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

1. Исследования состава газовой фазы включений в кварце и касситерите проведено методом газовой хроматографии с использованием хроматографической системы с двумя детекторами по теплопроводности, что позволило определить из одной навески (~ 0,5 г.)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ . В качестве адсорбентов использовали полисорб-1 и цеолит типа

СаА. Вскрытие включений производили термическим путем в атмосфере гелия при помощи специально сконструированной приставки. Анализы выполнены на хроматографе «Стом-4» с чувствительностью в определении всех газов,  $1 \cdot 10^{-7}$  г., а для  $\text{H}_2$   $1 \cdot 10^{-6}$  г.

2. Изученные касситерит-силикатные месторождения Комсомольского района характеризуются эволюционным развитием процесса минералообразования. Осаждение продуктивной ассоциации кварц-касситерит (с турмалином и арсенопиритом) происходило при  $T$  400—300°C из слабощелочных умеренно минерализованных растворов хлоридно-бикарбонатно-кальцево-натриевого состава.

3. В составе газовой фазы включений в кварце минерализованных зон преобладают углекислота, концентрация которой варьирует от 0,5 до 10 моль/л. Кроме  $\text{CO}_2$ , для оловоносных гидротермальных растворов характерно постоянное присутствие метана от 0,01 до 0,25 моль/л. В некоторых случаях установлено присутствие  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$ .

4. На основании полученных данных рассчитаны величины Eh оловоносных растворов, свидетельствующие о восстановительной обстановке формирования данного типа оруднения.

УДК 550,4 : 546,26 + 553,4 (571)

**В. Г. МОЙСЕНКО, Г. Н. СТЕПАНОВ, В. В. МАЛАХОВ**  
(Дальневосточный геологический институт, ДВНЦ АН СССР,  
г. Владивосток)

### **РОЛЬ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА В ФОРМИРОВАНИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОКА СССР**

1. Различными аналитическими методами установлено, что в газовой-жидких включениях минералов рудных месторождений основными компонентами являются соединения углерода. Бикарбонат-ион преобладает в солевом составе; его содержание колеблется от 0,1 до 5 г-экв/л, что составляет 30—90% от общего количества анионов. Для исследования газовой фазы включений применялся метод газовой хроматографии. Система с двумя детекторами и различными адсорбентами позволила определять из одной навески воду, углекислоту и другие газы. В большинстве случаев различные соединения углерода в сумме составляют более 90% от общего количества газов.

2. Преобладая в гидротермальных растворах соединения углерода являются потенциалопределяющими и контролируют кислотность-щелочность среды. На основании полученных данных рассчитаны величины  $Eh-pH$  гидротермальных растворов, формировавших рудные месторождения Востока СССР (рис.).

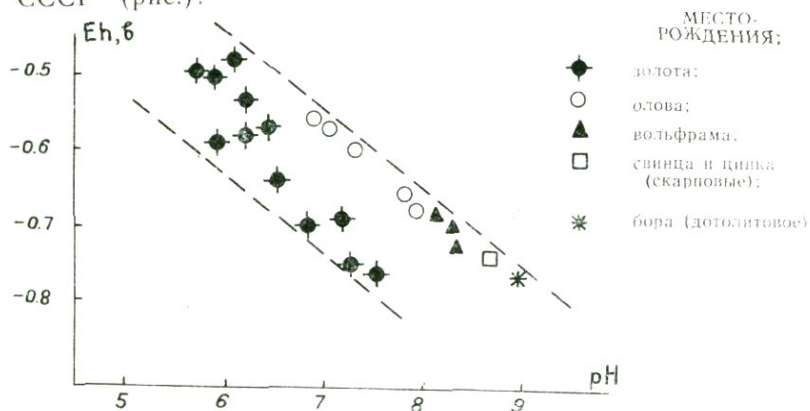


Рис.  $Eh-pH$  гидротермальных растворов, формировавших рудные месторождения Востока СССР.

3. Отложение полезных компонентов проходило при низких значениях окислительно-восстановительного потенциала из близонейтральных или слабо-щелочных растворов. Геохимическая эволюция гидротерм характеризуется прежде всего переменными  $Eh$ ,  $pH$ , значения которых ограничены равновесиями различных соединений углерода.

УДК 550.4 : 622.411.33 : 548.4 : 622.342.1((571.651))

Вл. А. КАЛЮЖНЫЙ, Н. М. ДАВИДЕНКО, И. Н. ЗИНЧУК,  
И. М. СВОРЕНЬ, Б. И. ПИСОЦКИЙ

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов; Всесоюзный научно-исследовательский институт  
морской геологии и геофизики, г. Рига)

### РОЛЬ УГЛЕКИСЛОТНО-ВОДНЫХ И МЕТАНОВО-ВОДНЫХ ФЛЮИДОВ В ФОРМИРОВАНИИ РУДОПРЯВЛЕНИЙ ЗОЛОТА ЧУКОТКИ

1. Изучение включений флюидов в минералах двух месторождений Чукотки показывает четкое различие в составе газовых компонентов их. Гидротермальный кварц жил пер-

вого месторождения обогащен углекислотой, второго — метаном.

2. Состав газа в пробах первого месторождения, согласно анализу произведенным на химическом масс-спектрометре МХ-1303, в шеелите, жильном и друзовом кварце характеризуется небольшими колебаниями ( $\text{CO}_2$  от 81,3 до 95,6%;  $\text{CH}_4$  от 0,9 до 7,3%;  $\text{N}_2$  от 5,2 до 12,4%). Однако, включения в жильном допродуктивном кварце содержат наибольшие количества углекислоты; более поздний продуктивный кварц и кварц друз показывает уменьшение количества  $\text{CO}_2$  (83—85%); метасоматический кварц вмещающих пород, а также ранний шеелит содержат наиболее низкие количества углекислоты. Изменения относительных количеств метана и азота менее четки.

3. Флюидные включения в кварце второго месторождения характеризуются резким преобладанием метана над другими компонентами газовых смесей. Содержание метана колеблется в пределах 58,6—84,0%, углекислоты — 2,8—34,7%, азота — 6,7—13,2%. Установлена четкая корреляция между последовательностью количественных изменений перечисленных газов и содержанием золота в пробах. Прямая зависимость существует между содержанием золота и метана и, до некоторой степени золота и азота; обратная — для золота и углекислоты.

4. Детальные исследования возрастных взаимоотношений минералов первого месторождения и флюидных включений в них показывает, что кристаллизация золота происходит в заключительные этапы гидротермального процесса. Миграции его способствует высокая концентрация  $\text{CO}_2$  в гомогенных растворах. Последующая гетерогенизация и общее обеднение углекислотой растворов приводит к интенсивному выделению золота; максимальное концентрирование происходит в условиях деятельности гомогенных существенно водных (с минимальными количественными  $\text{CO}_2$ ) растворов.

5. Аналогично предыдущему поведению  $\text{CO}_2$  и на втором вольфрамово-оловянном месторождении. Здесь, однако, процесс происходит в условиях больших и с течением времени возрастающих концентраций метана. Последний благоприятствует концентрированию золота и может служить поисковым признаком на продуктивные участки месторождения. Повышение содержания азота указывает на возрастающую связь глубинного гидротермального процесса с приповерхностными условиями.

**Д. А. ТИМОФЕЕВСКИЙ, С. И. АДРИАНОВА**

(Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов «ЦНИГРИ» Мингео СССР, г. Москва)

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА В ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАЦИЙ**

Обобщение опубликованных материалов и личных исследований авторов по изучению поведения углекислоты и ряда других соединений углерода в золоторудных месторождениях различных формаций\* позволило сделать некоторые выводы:

1. Углекислота и углекислый газ являются основными компонентами газовой-жидких включений в кварцах золоторудных месторождений. На ранних пневматолитово-гидротермальных этапах минералообразования в месторождениях всех формаций (кроме золото-адуляр-халцедон-кварцевой, где нет пневматолита) присутствует углекислота, в основном, в газовых растворах. Наибольшие ее количества наблюдаются в месторождениях золото-силикатно (скарново) — сульфидной формации. На более поздних гидротермальных этапах минералообразования преобладает углекислота в водных растворах (в золото-адуляр-халцедон-кварцевой формации в объемах меньших, чем в прочих формациях), количество которой в рудном процессе ряда месторождений золото-сульфидной, золото-кварц-сульфидной, золото-альбит-кварцевой формаций увеличивается иногда более, чем вдвое. К моменту отложения рудного золота растворы становятся часто существенно углекислородными. Наибольшие количества свободной углекислоты намечаются в месторождениях золото-сульфидной, золото-кварц-сульфидной и золото-альбит-кварцевой формаций. В связи с этим, особенно для отмеченных трех формаций, характерны интенсивные гидротермальные изменения пород типа березитизации — листвинитизации, интенсивно проявившиеся в ранние стадии рудного процесса и, как известно, сопровождающиеся привнесением  $\text{CO}_2$ .

2. Гидрокарбонат-ион ( $\text{HCO}_3^-$ ) присутствует в водных вытяжках кварцев месторождений всех рудных формаций; при

\* Золоторудные формации принимаются по классификации Д. А. Тимофеевского (Тр. ЦНИГРИ, 1971, вып. 96).

этом количество его в месторождениях золото-адуляр-халцедон-кварцевой формации обычно несколько больше, чем в месторождениях прочих формаций. Устанавливается также, что количество иона  $\text{HCO}_3^-$  во включениях кварца увеличивается к концу каждой из стадий минералообразования, в том числе и золотоносных. Отмечается общая тенденция увеличения количества иона  $\text{HCO}_3^-$  к концу процесса рудообразования, в связи с этим отложение часто большого количества карбонатов, завершающих рудный процесс.

3. На месторождениях всех рудных формаций агрегатное состояние растворов находится в зависимости от режима давления и температуры. Спады давлений, как известно, могут вызвать вскипание растворов с гетерогенизацией гидротерм, что связано с выделением углекислоты. При дегазации же, как справедливо считает ряд исследователей, очевидно, происходит разрушение золотоносных комплексов с выпадением продуктивного золота. Этот процесс может быть особенно проявлен при формировании близповерхностных месторождений золото-адуляр-халцедон-кварцевой формации.

УДК 553.411

**Н. И. АНДРУСЕНКО, Т. Н. КОСОВЕЦ, М. М. КОНСТНТИНОВ**

(Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов ЦНИГРИ г. Москва)

### **РОЛЬ УГЛЕКИСЛОТЫ В ФОРМИРОВАНИИ БЛИЗПОВЕРХНОСТНЫХ И СРЕДНЕГЛУБИННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА**

Исследование газовой-жидких включений в минеральных парагенезисах золоторудных месторождений показывает, что углекислота является постоянным и важным компонентом рудообразующих золотоносных гидротерм, причем она более типична для растворов, формирующих месторождения золота средних глубин.

Содержание углекислоты увеличивается в растворах продуктивных золотоносных стадий, что является благоприятным показателем золотого оруденения. В ряде случаев по анализам одностадийных продуктивных кварцев устанавливается увеличение общей газонасыщенности и количества  $\text{CO}_2$  с глубиной в составе летучей части растворов, что может рассматриваться косвенным оценочным критерием распространения золотого оруденения на глубину.

Выявляемые по углекисловодным включениям разной плотности температуры вскипания растворов являются температурными показателями начала массового выделения золота в продуктивные стадии. Для близповерхностных месторождений наиболее частыми уровнями вскипания растворов являются 290—320°, и 240—260°C, а для среднеглубинных—340—380° и 260—300°C. Участки рудных тел, в которых предполагается вскипание рудоносных растворов, совпадают с их наиболее обогащенными частями или рудными столбами. При перепадах давлений в сфере рудоотложения близповерхностных месторождений, бурное выделение углекислого газа из вскипающих гидротерм может носить взрывной характер и быть причиной возникновения интраминерализационных брекчий.

Обособление углекислоты при вскипаниях гидротермальных растворов, вызываемых расширением объема полостей кристаллизаторов при тектонических подвижках, приводит к осаждению содержавшегося в них золота. Причиной выделения золота из растворов может быть его высвобождение (при удалении  $\text{CO}_2$ ) из комплексных соединений.

УДК 553.21./24.

**И. В. ПОПИВНЯК**

(Госуниверситет имени Ивана Франко, г. Львов)

### **О РОЛИ $\text{CO}_2$ В ФОРМИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МУЙСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО РАЙОНА (СЕВЕРНАЯ БУРЯТИЯ)**

Методами термобарохимии по включениям (Ермаков, 1950, 1972; Калужный, 1960; Пизнюр, 1974) детально изучены физико-химические условия формирования свыше 70 месторождений и рудопроявлений, являющихся типичными представителями убогосульфидной золоторудной формации (класс пиритовый, подкласс кварцевый; Петровская, 1960). Исследованные месторождения и рудопроявления принадлежат к числу пневматолитово-гидротермальных образований средних глубин (Лазыко, Ляхов, 1968), формировавшихся в высоко-, средне-, и низкотемпературных условиях (Ляхов, 1973).

Установлено, что химический состав растворов менялся скачкообразно от высококонцентрированных хлоридно-натровых (высокотемпературные) к существенно углекислым

(среднетемпературные) и слабоконцентрированным тепловодным, практически лишенным  $\text{CO}_2$ . В последних двуокись углерода не обнаруживается даже при значительном охлаждении. Скачкообразное изменение плотности, агрегатного состояния, концентрации и температуры рудообразующих растворов, а также выявленная цикличность в кристаллизации минералов свидетельствуют в пользу пульсационного поступления растворов в область локализации руд (Григорчук, Ивасив, Ляхов, 1971) и приводят к выводу о пятистадийной схеме формирования месторождений: 1 — стадия темноцветных кварцов ( $450\text{--}350^\circ\text{C}$ )\*; 2 — турмалин-кварцевая ( $500\text{--}350^\circ\text{C}$ ,  $1100\text{--}1000$  атм); 3 — пирит-кварцевая ( $460\text{--}310^\circ\text{C}$ ,  $600\text{--}700$  атм); 4 — золото-сфалерит-галенитовая ( $330\text{--}170^\circ\text{C}$ ,  $950\text{--}820$  атм); 5 — кварц-карбонатная ( $170\text{--}100^\circ\text{C}$ ) (Ляхов, Попивняк, 1973).

Растворы, функционировавшие в продуктивную золото-сфалерит-галенитовую стадию, резко выделяются по химическому составу. Важнейшей особенностью является насыщенность их газовой составляющей двуокисью углерода (по данным газового анализа содержание  $\text{CO}_2$  достигает в среднем  $83\%$ ). Растворы допродуктивных и послепродуктивной стадий практически лишены  $\text{CO}_2$ . Это четко фиксируется уже при исследовании фазового состава сингенетичных генераций включений, законсервированных в минералах разновозрастных минеральных комплексов, формировавшихся в различные стадии рудного процесса.

В среднетемпературном интервале  $260\text{--}200^\circ\text{C}$  (Лазько, Ляхов, 1968; Ляхов и др., 1973) по включениям фиксируется гетерогенизация углекисло-водных растворов, вероятно, вызванная резким понижением давления в системе минералообразования, связанного с приращением объема, т. е. с трещинообразованием (Пизнюр, 1975).

Установлено, что из гетерогенизирующихся растворов происходило отложение золота. Гетерогенизация сопровождалась отделением  $\text{CO}_2$ , что, очевидно, приводило к изменению окислительно-восстановительного потенциала, рН и др. параметров в системе; распаду комплексов, несущих золото, и выпадению совместно с золотом сингенетичного минерального парагенезиса.

Изучение особенностей изменчивости основных физико-химических параметров минералообразования (температура, химсостав, концентрация и агрегатное состояние раст-

\* Здесь и ниже приведены результаты гомогенизации включений без введения температурной поправки на давление.

воров) в плоскости наиболее глубоко вскрытых рудных тел позволило прийти к выводу, что продуктивные углекисло-водные растворы проникали в область локализации руд в виде восходящих потоков и струй.

Потоки гетерогенизирующихся растворов пространственно совпадают с золотоносными участками жил и разделены интервалами непромышленных руд. Отметим, что в пределах рудных тел участки выявленных потоков и струй (нередко соседних), на сопоставимых гипсометрических уровнях, характеризуются неодинаковой величиной коэффициента  $A_u/A_g$ , при этом интенсивность изменчивости этого коэффициента вверх по восхождению соседних потоков значительно отличается.

Вдоль восходящих потоков и струй устанавливается интенсивная гетерогенизация углекисло-водных растворов и повышенная декрептоактивность кварцов («300 импульсов»), отражающая степень их гетерогенизации. В участках интенсивной гетерогенизации углекисло-водных растворов золотоносность достигает промышленного уровня.

Таким образом, повышенное содержание во включениях  $CO_2$ , среднетемпературный интервал (260—200°C) гомогенизации этих включений, а также фиксируемая по включениям интенсивная гетерогенизация минералообразующих растворов, являются важнейшими термобарохимическими критериями, которые наравне с геолого-минералогическими и геохимическими признаками успешно применяются в практике прогнозирования золотоносности не разведанных на глубину руд-

ных тел.

УДК 553.441.21/.24

**С. М. ИВАСИВ, К. М. ПОЗДЕЕВ**  
(Госуниверситет им. Ив. Франко, г. Львов)

## **ОБ УЧАСТИИ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ, ФОРМИРОВАВШИХ РУДЫ АРХОНСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СЕВЕРНЫЙ КAVKAZ)**

1. Архонское свинцово-цинковое месторождение приурочено к Архоно-Холстинскому антиклинальному поднятию в пределах северной части Главного Кавказского хребта. Оруденение контролируется субширотным Садоно-Унальским разломом.

2. Месторождение относится к числу жильных полнста-

дийных образований, формировавшихся в высоко-, средне- и низкотемпературных условиях (370—110°C и ниже). Рудный процесс развивался в течение трех стадий минералообразования: кварц-пиритовую, кварц-галенит-сфалеритовую и кварц-карбонатную. Сведения о температурных условиях формирования месторождения были получены методом гомогенизации первичных и первично-вторичных газовой-жидких включений минералообразующих растворов, законсервированных в прозрачных минералах руд (кварц, карбонат, сфалерит).

3. Минералотермометрические исследования, проведенные по включениям в кварце продуктивных минеральных ассоциаций, показали, что руды Архонского месторождения формировались из гидротермальных газовой-жидких растворов, одним из компонентов которых является двуокись углерода. Это установлено по включениям, представляющим собой сложные трехкомпонентные системы, состоящие из водного раствора (2—3%), жидкой (90—95%) и газовой (2—8%) фазы  $\text{CO}_2$ .

Среди этих включений присутствуют сингенетичные им газовой-жидкие включения, не содержащие двуокись углерода. Подобное сообщество включений свидетельствует о гетерогенном состоянии гидротермальной системы (Калужный, 1960) и позволяет оценить давление в период минералообразования.

4. Проведенные минералотермометрические исследования позволили выявить основные физико-химические параметры (температура, давление, химический состав растворов) формирования промышленного оруденения, которые в комплексе с геолого-минералогическими данными успешно используются для перспективной оценки месторождений по площади и на глубину.

УДК 550.4 : 553.065.062/067(571.54)

**Р. З. АРХИПЧУК**

(Бурятское геологическое управление, г. Улан-Удэ)

## **УГЛЕКИСЛОТА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЯ**

Методами минералогической термобарогеохимии изучены включения рудообразующих растворов в прозрачных минералах из месторождений различных рудных и нерудных по-

лезных ископаемых (W, Mo, Be, Sn, Au, Zn, Pb, апатит, амелист, флюорит, исландский шпат). Рудные тела месторождений — жилы выполнения открытых полостей и метасоматические залежи, локализующиеся преимущественно среди различных по составу и возрасту магматических пород.

Формирование месторождений происходило в 2—5 и более стадий минерализации. На редкометалльных месторождениях углекисло-водные флюиды типичны для продуктивных высоко-среднетемпературных (400—200°C) начальных и средних стадий эндогенного минералообразования. Минералы поздних стадий этих месторождений отлагались из гидротермальных средне-низкотемпературных (200—90°C) водно-солевых растворов, для которых углекислота не характерна.

В минералах установлены трехфазовые газово-жидкие включения, в которых объемные соотношения жидкой  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и газовой фазы колеблются в широких пределах, и двухфазовые газово-жидкие включения жидкой  $\text{CO}_2$ . По генезису включения с  $\text{CO}_2$  первично-вторичные и, реже, первичные.

Двухфазовые включения жидкой  $\text{CO}_2$  изучены при нагревании их в интервале температур 10—31,3°C. Включения  $\text{CO}_2$  гомогенизируются в жидкую фазу при 14—31°C. Плотность жидкой  $\text{CO}_2$  включений — 0,536—0,822 г/см<sup>3</sup>. Давление углекисло-водных растворов, установленное по включениям  $\text{CO}_2$ , составляет для различных месторождений  $\geq 1000$ —190 атм., наиболее часто — 900—700 атм.

В газовой фазе включений установлены  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  и редкие газы. Суммарные содержания  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$  — 60—73 объемных %. Жидкая  $\text{CO}_2$  составляет 17—93,86% (преимущественно 60—80%) всех летучих компонентов (без учета  $\text{H}_2\text{O}$ ).

Наличие углекислоты в растворах не коррелируется с минеральным составом месторождений, а также составом, происхождением и возрастом рудовмещающих пород.

Для средне-низкотемпературных (260—50°C) гидротермальных флюоритовых месторождений субвулканической фации глубинности и проявлений исландского шпата углекислота не характерна, независимо от состава вмещающих их пород. Летучие компоненты растворов этих месторождений представлены  $\text{H}_2\text{O}$  с резко подчиненным проявлением  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$  + редких газов.

Углекислота совместно с водой являются главными компонентами рудообразующих растворов эндогенных место-

рождений различных полезных ископаемых. Основная масса рудных элементов редкометалльных месторождений отлагалась в момент гетерогенизации углекисло-водных гидротермальных растворов. Роль  $\text{CO}_2$  в процессе рудообразования сводится к переносу и отложению рудных элементов.

Углекислота расценивается как признак гипабиссальных условий формирования месторождений различных рудных формаций.

Интерпретация геологических и геохимических материалов свидетельствует о глубинном происхождении углекислоты и ее генетической связи с эндогенными водными флюидами.

УДК 552.112 : 553.064.1

**Р. П. ПАНЬКИВ, И. М. СВОРЕНЬ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

## **О СОСТАВЕ РАССЕЯННЫХ ГАЗОВ В РУДАХ И ПОРОДАХ ЯЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ САМОРОДНОЙ СЕРЫ**

Язовское месторождение расположено в северо-западной части Предкарпатского сероносного бассейна, во Львовской области. Оно сложено осадочными породами тортонского и сарматского ярусов. Рудная залежь мощностью 1—33 м залегает на глубине 50—300 м. Она сложена известняками, содержащими в среднем 25% серы. Известняки с серой подстилаются гипсоангидритами и перекрываются неосерненными известняками. Последние перекрыты песчано-глинистыми отложениями тортон-сарматского возраста. Серная залежь обводнена, воды сероводородные, сульфатно-кальциевые.

Был исследован состав рассеянных газов известняков, сульфатов и серных руд. В понятие «рассеянные газы» в силу специфики проб (тонкозернистые осадочные породы) входят газы закрытых микропор и десорбированные газы, которые выделялись из породы в результате ее измельчения в высоком вакууме при комнатной температуре. На анализ отбирались пробы, состоящие из мономинеральных монолитных кусочков породы (2—4 мм), выбитых из средней части образцов керна. Анализ газов проводился на масс-спектрометре МХ-1303 по методике, описанной В. А. Калюжным с соавторами в 1974 году. Характеристика изученных проб и результаты анализа приведены в таблице.

Состав рассеянных газов серных руд и пород Язовского месторождения  
самородной серы (по данным масс-спектрометрического химического анализа)

№ образца	Глубина отбора образца, в м	Характеристика образца	Содержание компонентов, в объемных %					
			N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> и выше	H <sub>2</sub>
86 1	275,6	Ангидрит, тонкозернистый, темносерый, плотный	25,3	31,4	9,0	29,5	не обн.	4,8
74 2	299,5	Ангидрит, тонкозернистый, голубоватый, мономинеральный чистый	2,0	36,8	45,9	15,3	То же	не обн.
83/5	180,5	Гипс, мелкозернистый, серый плотный	27,5	47,3	12,8	4,0	"	8,4
1305—1, 16	76,8	Среднее по сульфатным породам Биохемогенный известняк с тонкорассеянной серой (серная руда)	20,6	40,7	20,1	13,2	"	5,4
3041/6	79,0	Биохемогенный известняк со сплошной скрытокристаллической серой (серная руда)	72,7	18,8	0,7	4,5	"	3,3
27/1	111,6	Биохемогенный известняк с явно-кристаллической серой (серная руда)	28,5	67,5	не обн.	1,1	"	2,9
1391/1	64,1	Среднее по биохемогенным известнякам с самородной серой (серным рудам) Биохемогенный неосерненный известняк	82,6	8,4	0,7	5,2	"	3,1
			61,3	31,6	0,4	3,6	"	3,1
			2,2	77,7	не обн.	10,8	"	9,3

В составе рассеянных газов обнаружены  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ . Среди них главная роль принадлежит углекислоте и азоту, подчиненная — метану и сероводороду. Постоянное присутствие в рассеянной газовой фазе метана может свидетельствовать о его участии в процессах сульфатредукции, приведших к образованию сероносных известняков, углерод которых по изотопному составу аналогичен углероду метана.

Серные руды, сульфатные породы и неосерненные известняки отличаются по составу рассеянной в них газовой фазы. Очевидно газовый режим растворов, из которых образовались данные породы, также был различным.

УДК 549.88 + 546.3(574)

**В. А. КОРМУШИН, Н. Ж. ИБРАЕВА, З. М. ЛИПОВА**  
(Институт геологических наук АН КазССР, г. Алма-Ата)

### **СОЕДИНЕНИЯ УГЛЕРОДА В МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИХ РАСТВОРАХ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЗАХСТАНА (по включениям в минералах)**

В газовой-жидких включениях различных минералов вольфрамовых и молибденовых месторождений Казахстана по данным химического анализа присутствуют соединения углерода в виде гидрокарбонат-иона, двуокиси углерода метана и окиси углерода. Общее содержание их изменяется от 100 до 400 г на 1000 г воды в растворе (преобладает двуокись углерода). Далее в порядке уменьшения содержатся гидрокарбонат-ион, метан и окись углерода.

Для месторождения Богуты, формирование которого происходило в надинтрузивной зоне, отмечается повышенное содержание гидрокарбонат-иона, окиси углерода и метана по сравнению с месторождениями интрузивной зоны — Караоба, Восточный Коунрад и др. Одним из факторов повышенного содержания окиси углерода и метана во включениях является замещение их из вмещающих пород, представленных песчаниками и сланцами с линзами известняков.

В месторождениях интрузивной зоны метан и окись углерода предположительно образуются при рудообразовании. Не исключается возможность образования метана в газовой-жидких включениях после их консервации.

**Л. Г. ПАЛЬМОВА, Л. А. КОПНЕВА**

(Московский геологоразведочный институт, Комплексная экспедиция  
Всесоюзного шестого производственного объединения, г. Москва)

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛЬНОГО И МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО КВАРЦА ОДНОГО ИЗ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Работа посвящена выяснению генетической природы двух типов кварца, выделенных на месторождении — жильного и кварц-полевошпатовых метасоматитов.

Изучение включений минералообразующих сред в жильном и метасоматическом кварце проводилось при помощи методов термобаргеохимии.

Методом гомогенизации были определены температуры минералообразования.

Методом газовой хроматографии определена концентрация основных газовых компонентов, а также содержание воды в газовой-жидких включениях в кварцах. Рассчитана концентрация калия, натрия, хлора. Калий и натрий определялись методом пламенной фотометрии. Ион-хлор измерялся на ионно-селективном электроде.

Основными компонентами растворов, формировавших кварц жильный и кварц метасоматический, являлись углекислота, метан, калий, натрий и хлор.

Концентрация углекислоты в газовой-жидких включениях жильного кварца колебалась в пределах от 170 до 700 г/кг  $H_2O$ , что указывает на резкое изменение ее режима в процессе минералообразования.

Установлено, что падение содержания углекислоты в растворах связано с ее дегазацией в участках интенсивной тектонической проработки.

Для растворов метасоматического кварца характерно более стабильное содержание углекислоты (270 г/кг  $H_2O$ ).

В результате проведенных исследований были определены окислительно-восстановительный потенциал и кислотность минералообразующих растворов.

А. М. РАХМАНОВ

(Таджикский госуниверситет им. В. И. Ленина, г. Душанбе)

**О РОЛИ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕТОВ  
В ПОСТМАГМАТИЧЕСКОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ НА  
ЮЖНОМ ГИССАРЕ  
(по данным изучения флюидных включений)**

Высокотемпературные рудные формации на Южном склоне Гиссарского хребта представлены пегматитами и скарново-рудными образованиями.

1. Среди пегматитов данного района выделяются редкоземельные, турмалиновые, керамические, оловоносные, плагиоклазовые и хрусталеносные типы. При детальном исследовании кристаллов кварца из пегматитов Южного Гиссара выявилась группа сингенетичных разнонаполненных включений. По составу эти включения представляют собой многофазные, трехфазные и бинарные системы типа  $T_T - T_L - CO_2 - H_2O$ ,  $CO_2 - H_2O$ . Процентное соотношение жидких фаз  $CO_2$  и  $H_2O$  в этих включениях варьирует в широких пределах (от гомогенных включений  $CO_2$  до включений водных растворов без жидкой  $CO_2$ ). Удельные плотности наиболее широко распространенных включений с углекислотой ( $CO_2 - H_2O$ ) составляют для ранних фаз кристаллизации пегматитов — 0,520—0,571 г/см<sup>3</sup>, а для поздних фаз образования жил — 0,188—0,160 г/см<sup>3</sup>. Чрезвычайное разнообразие фазового состава включений от газовых и существенно-газовых ( $G$ , и  $G \gg Ж$ ) до жидко-газовых и многофазовых с минералами-узниками ( $Ж > G > T_L > T_T$ ), где  $T_L$  — легкорастворимые ( $NaCl$ ,  $KCl$ ), а  $T_T$  — труднорастворимые (кварц, рутил, гематит) твердые фазы, характеризует гидрогенность минералообразующей среды, из которой кристаллизовались пегматитовые жилы. Таким образом, подтверждаются взгляды В. А. Николаева (1953), согласно которому процесс дистилляции и конденсации газовых эманаций, отделяющихся от магматического очага, эволюционно растягивается на некоторый температурный интервал и интервал давлений, при меняющемся составе газовой и жидкой фаз. Давления, рассчитанные по включениям  $CO_2$  для ранних фаз кристаллизации гранитных пегматитов, колеблются в пределах 700—600 атм. Поздние фазы пегматитов кристаллизуются в интервале постепенно снижающихся давлений 210—170 атм.

Температурный интервал формирования пегматитов приблизительно соответствует 700—110°C. Криометрические исследования флюидных включений, содержащих жидкую углекислоту различной плотности, позволили выявить специфику их поведения при низких температурах. В процессе охлаждения были изучены различные этапы замерзания флюидов во включениях: ранний этап до —15,1°C — замерзание солевого состава растворов включений; средний этап до —56,3°C — замерзание жидкой углекислоты; и поздний этап ниже —60,9°C — замерзание сложных углеродосодержащих соединений.

2. Скарново-рудные месторождения и рудопроявления на Южном Гиссаре имеют широкое распространение. Их положение в большинстве случаев контролируется зоной контакта гранитоидных интрузий верхнего палеозоя с карбонатными породами среднего палеозоя. По характеру рудоносности среди них можно выделить: скарново-магнетитовую (Харангонская группа рудопроявлений, Санги-Бекташ и др.); скарново-редкометальную (Майхура, Як-Арча, Каныз и др.); скарново-халькопиритовую (Верхний Кафандар и др.); и скарново-полиметаллическую (Лойля-Куль, Гарианак и др.) формации. Общая стадийность процессов минералообразования на этих месторождениях и рудопроявлениях представлена последовательным развитием скарновой, кварцево-рудной (редкометальной, либо магнетитовой и т. д.), кварцево-сульфидной и кварц-карбонатной (иногда с флюоритом) стадий рудообразования. Интервалы температур минералообразования на вышеотмеченных месторождениях по данным гомогенизации и декрепитации флюидных включений соответственно составляют: для скарновой стадии —600—400°C; кварцево-рудной — 480—220°C; кварцево-сульфидной —420—200°C; кварцево-карбонатной —200—150°C. В процессе исследования флюидных включений в графитах, кварцах и шеелитах описываемых месторождений была обнаружена группа включений, содержащих жидкую  $\text{CO}_2$ . Процентное соотношение  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в этих включениях варьирует в широких пределах: от гомогенных включений  $\text{CO}_2$  до сугубо флюидных. При этом они наиболее характерны для минералов высокотемпературных стадий (скарновой и кварцево-рудной), где содержание  $\text{CO}_2$  во включениях достигает 100—95%. Давления, рассчитанные по этим включениям, в большинстве случаев соответствуют 750—730 атм и не опускаются ниже 650 атмосфер. Таким образом, детальные исследования флюидных включений в минералах

различных стадий формирования пегматитовых и скарново-рудных формаций на Южном Гиссаре показывают широкое участие углекислоты в процессах минералообразования на всех этапах их эндогенного развития.

УДК 549.1

**В. В. ШАПЕНКО**

(Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова)

## **РОЛЬ УГЛЕКИСЛОТЫ В ФОРМИРОВАНИИ МОЛИБДЕНО-ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЗАБАЙКАЛЯ**

1. На редкометальных месторождениях углекислота установлена во флюидных включениях всех этапов и стадий рудообразующего процесса, начиная с дегазации магмы и кончая кристаллизацией жильных минералов последних ступеней гидротермальной деятельности. Существует закономерность в обязательном совместном присутствии углекислоты и элементов-минерализаторов в рудоносных гидротермах. На отдельных стадиях доля углекислоты бывает столь высока, что в кварце запечатлевается чисто углекислые включения с собственной газовой фазой, переходящие в гомогенное состояние при повышении температуры до  $+25-31^{\circ}\text{C}$ . В других случаях наличие углекислоты обнаруживается только при замораживании включений.

2. По водно-углекислым включениям прослеживается генетическая связь гранитных интрузивов и рудных тел с редкометальным оруденением. Так, на штокверковом молибденовом месторождении, залегающем в порфиритах, установлена полная идентичность состава газовой-жидких включений в кварце штока гранит-порфиров и рудных прожилков. На другом месторождении гранит-порфиры, вмещающие молибденовое оруденение, отличаются от безрудных даек аналогичного с ними состава лишь по присутствию во включениях фазы жидкой углекислоты, которая совершенно не характерна для включений в дайках.

3. Эволюция P-T-X параметров среды минералообразования редкометальных месторождений указывает на сложный полициклический механизм развития углекислых гидротерм. Включения с  $\text{CO}_2$  являются индикатором тектонической активности процессов оруденения. Поведение углекислоты зависит от степени сложности хода развития структур,

вмещающих жилы. Например, в жилах, занимающих трещины контракции в массиве гранитоидов (Бом-Горхон), углекислота играет важную роль лишь на раннем (молибденовом) этапе развития структуры. Рудные поля более сложного строения (штокверки, жильные зоны) характеризуются неоднократным появлением углекислоты в минералах разных этапов и стадий рудообразующего процесса (Джида).  $\text{CO}_2$  участвует в телескопировании оруденения, способствуя широкой миграции растворов от ювенильного источника по трещинам различного генезиса. На Холтосонском вольфрамовом месторождении брекчирование рудных жил отразилось на прочности их кровли, которая тем слабее, чем интенсивнее проявлены внутрирудные тектонические подвижки. Расширение объема трещинных полостей, связанное с этими подвижками, приводило к миграции углекислоты именно в ослабленные участки. Как правило, эти участки характеризуются повышенным содержанием гюбнерита. Углекислота фиксируется здесь не только в кварце, но и во флюорите. Участки рудных тел со слабой кровлей требуют дополнительного крепления подземных горных выработок. Практическая ценность исследования водно-углекислых включений может выразиться в определении горно-технических условий эксплуатации месторождений.

УДК 549.88+553.3

**Л. С. ПУЗАНОВ, М. Н. КАНДИНОВ**

(Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья, Мингео СССР, г. Москва)

### **О ЗНАЧЕНИИ ЖИДКОЙ УГЛЕКИСЛОТЫ В МИНЕРАЛАХ ФЛЮОРИТ-БАРИТ-ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ**

Флюорит-барит-железородное оруденение с редкими землями имеет сравнительно большое развитие на юге Восточной Сибири (Митропольский, 1958). Как правило, оруденение представлено вертикально падающими грубозонетричными рудными телами, уходящими на глубины более 400 метров и приуроченными к пересечениям зон разломов в пределах развития терригенно-осадочных пород ордовик-силурийского возраста.

Рудные тела образовались в результате процессов метасоматоза карбонатных и других пород под воздействием средне-низкотемпературных гидротерм, связанных с деятельностью очагов, давших малые интрузии субщелочного состава (Онтоев, 1963).

В рудах выделяется три генерации флюорита и две генерации барита. Первая из них (I) представлена идиоморфными, до 2 мм в поперечнике, кристаллами во флюорит-барит-сидерит-гематитовых рудах. Ко второй генерации (II) отнесены ксеноморфные выделения этих минералов между ранее образованными, третья (III) — представлена гнездобразными и прожилковыми выделениями флюорита в зонах трещиноватости.

Во флюорите и, в меньшей степени, в барите наблюдаются 7 группы включений, различающихся по генезису, составу их заполнения и распространенности. К первой группе отнесены первичные, не широко распространенные во флюорите I и II, а также барите, включения солей. Ко второй группе — широко распространенные в тех же генерациях минералов первичные многофазовые включения. Твердые фазы, в количестве от 3 до 6, как правило, изотропны, реже анизотропны. Они представлены, вероятно, хлоридами и карбонатами K, Na, Ca и других катионов. В малых количествах встречены непрозрачные минералы. На долю твердых фаз приходится 40—80% всего объема вакуолей. Кроме того во включениях присутствуют жидкая  $\text{CO}_2$  (15—25%), жидкость (10—15%) и газ (5—10%). Третья группа представлена мало распространенными первичными и первично-вторичными многофазовыми включениями с теми же твердыми фазами, количество которых достигает 5—6, а объем 80—90%. Жидкая и газообразная фазы составляют, соответственно, от 5 до 10% каждая. Жидкая  $\text{CO}_2$  появляется в них лишь при охлаждении ниже  $0^\circ\text{C}$ . Включения четвертой, пятой и шестой групп мало распространены и отнесены к первично-вторичным. Они отмечены во флюорите I и II, барите и кварце. Четвертая группа представлена включениями с жидкостью (75—80%) и твердыми фазами (20—25%); пятая — включениями с жидкостью (0—15%) и жидкой  $\text{CO}_2$  (85—100%); шестая — включениями с жидкостью (20—90%), жидкой  $\text{CO}_2$  (20—90%) и газом (2—5%). Седьмая группа, представленная многочисленными газово-жидкими включениями во флюорите III, кварце и во всех ранее образованных минералах, имеет соотношение фаз 5—10% : 85—95%.

Термометрические исследования показывают, что в многофазовых включениях второй и третьей групп твердые фазы растворяются в интервале от 125 до  $650^\circ\text{C}$ . Во второй группе частичная гомогенизация включений в жидкую  $\text{CO}_2$  происходит при 22— $30^\circ\text{C}$ , а последняя же переходит в раст-

вор солей при нагревании до  $700^{\circ}$  и более. В третьей группе включений газ гомогенизируется при  $T=110-170^{\circ}$ . В четвертой группе растворение твердых фаз происходит в интервале от  $165$  до  $480^{\circ}$ . В пятой и шестой группах включений гомогенизация фаз визуально не устанавливается. В седьмой группе при охлаждении до  $-40^{\circ}$   $\text{CO}_2$  присутствует в малых количествах почти повсеместно. Полная гомогенизация происходит при  $T=90-140^{\circ}\text{C}$ .

Как видно из вышензложенного, флюорит и барит ранних генераций в рудах содержит во включениях значительное количество твердых фаз и жидкой  $\text{CO}_2$ , что отличает их от типичных низкотемпературных месторождений плавикового шпата, образовавшихся при процессах метасоматоза карбонатных пород. Таким образом, минералообразующие растворы, в результате деятельности которых было сформированно флюорит-барит-железородное оруденение, представляли собой на первых стадиях расплавы-рассолы, насыщенные углекислотой, находящейся в гомогенном состоянии при высоких температурах и давлениях порядка 3—5 кбар. Очевидно, при этих условиях наличие значительных количеств углекислоты совместно с щелочными металлами способствовало переносу кальция, бария, железа и редких земель и существенно ускоряло процессы метасоматоза с образованием сидерита, флюорита, барита и редкоземельных минералов.

Вышеизложенное дает основание считать, что флюорит-барит-железородное оруденение юга Восточной Сибири может быть отнесено к карбонатитовой формации и, в связи с этим, требует переоценки своих перспектив рудоносности.

УДК 550.422+553.065+551.213.1(477.87)

**Г. П. МАМЧУР, Б. Д. ЖОВТУЛЯ, О. А. ЯРЫНЫЧ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

### **$\delta\text{C}^{13}$ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ КАРБОНАТОВ В ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОДАХ ЗАКАРПАТЬЯ**

В гидротермальных образованиях Вышковского района Закарпатья отмечены органические минералы. Минералогические исследования свидетельствуют о возможности их выделения здесь в результате температурной возгонки жидких углеводородов.

Для парафина (образцы М. Д. Братуся) ранее получено значение  $\delta\text{C}^{13}=-3,11\%$ . В связи с этим представляется интересным изучение других углеродсодержащих образований — карбонатов — в этих гидротермальных жилах.

В настоящем сообщении приводятся данные по изотопному составу углерода кальцита, кальцита с примесью доломита, сидерита из гидротермальных жил в интрузивных (габбро-порфириды, гранодиорит-порфиры, кварцевые диорит-порфириды) и осадочных (аргиллиты, песчаники) породах Вышковского района.

Образцы отбирались по разрезам скважин.

Полученные значения  $\delta C^{13}$  для карбонатов находятся в пределах величин от  $-0,84$  до  $+0,41\%$  (по отношению к стандарту РДВ).

Из восьми опробованных скважин в шести наблюдается обогащение карбонатного углерода изотопом  $\delta C^{13}$  на  $0,02$ — $0,48\%$  (в среднем на  $0,26\%$ ) к верхам разрезов скважин. Из двух оставшихся в одной скважине получены близкие значения по разрезу, в другой — утяжеление карбонатного углерода наблюдается к середине разреза.

Отмечается также общее утяжеление углерода карбонатов из гидротермальных жил в направлении от молодых образований (кварцевые диорит-порфириды, нижний паннон,  $\delta C^{13}$  = от  $-0,84$  до  $-0,19\%$ ) к более древним породам (габбро-порфириды, нижний сармат  $\delta C^{13}$  = от  $-0,32$  до  $+0,01\%$ ) и к прорванным габбро-порфиридами осадочным породам (аргиллиты, песчаники, нижний сармат,  $\delta C^{13}$  = от  $-0,18$  до  $+0,41\%$ ).

Обогащение изотопом  $C^{13}$  углерода гидротермальных карбонатов, находящихся ближе к дневной поверхности, по сравнению с углеродом нижележащих карбонатных жил, вероятно, обусловлено понижением температуры минералообразующих растворов. Для травертина из этого района (образцы И. М. Афанасьевой), как наиболее низкотемпературного карбонатного выделения величина  $\delta C^{13} = +1,02\%$ .

УДК 553.411 : 549.1

**С. И. АДРИАНОВА, В. Б. АМИНОВ, Л. М. ВАЛЯШКО**

(Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов Московский государственный университет, г. Москва)

## **К ВОПРОСУ О РОЛИ УГЛЕКИСЛОТЫ В ФОРМИРОВАНИИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛЕНСКОГО РАЙОНА**

1. Изучаемое месторождение относится к золото-кварцевой и золото-сульфидной формациям (по классификации Д. А. Тимофеевского).

Рудные тела представлены кварцевыми жилами и зонами прожилково-вкрапленной кварц-сульфидной минерализации в углистых сланцах верхнего протерозоя.

Проведено термобарометрическое исследование газожидких включений кварца для выяснения условий рудообразования.

2. Молочно-белый кварц характеризуется комплексом газожидких включений, большинство из которых гомогенизируется в температурном интервале 260—300°C при коэффициенте заполнения 20—30%. Отдельные, хорошо ограниченные включения с наполнением 50% и  $T_{гом}$  — 380—400°C подвергались охлаждению. Появление в них фазы жидкой углекислоты происходило при температуре +12°C.

Наличие углекислоты во включениях кварца подтверждается данными инфракрасной спектроскопии и газовым анализом индивидуальных включений.

Состав газов характеризуется отсутствием  $O_2$ , постоянным присутствием  $CO_2$  (50—75 объемных %) и группы нерасплавляемых газов:



3. Углекислота, обнаруженная во включениях кварца, свидетельствует о том, что кристаллизация последнего происходила из углекисловодных растворов.

Предполагается, что основная масса углекислоты связана с процессами метасоматического замещения вмещающих пород (углистых сланцев). Накоплению углекислоты в гидротермальных растворах способствовала благоприятная геологическая обстановка — наличие горизонтов, экранирующих гидротермы.

УДК 550.426 : 553.411,463(575)

**С. И. АДРИАНОВА, Ю. Г. ЗАРЕМБО**

(Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов Мингео СССР, г. Москва)

### **РЕЖИМ УГЛЕКИСЛОТЫ В ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ВОЛЬФРАМО-ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ**

Поведение углекислоты в сложном, многоэтапном процессе формирования комплексных месторождений — вопрос мало изученный и представляющий большой интерес. Нами он рассматривается на примере вольфрамо-золотого месторождения, которое локализуется в песчано-сланцевой тол-

ще нижнесилурийского (?) возраста, содержащей примесь углестого вещества. Вмещающие породы подвергались интенсивным предрудным и внутрирудным изменениям, которые сопровождались преобразованиями органического материала.

Оруденение представлено золотоносными кварцевыми и кварц-шеселитовыми жилами и прожилками, а также зонами кварц-сульфидных прожилков и контролируется системами крупных разрывных нарушений. Минералообразование на месторождении происходило в 4 этапа:

1 — дорудный (образование метаморфогенных согласных кварцевых прожилков); 2 — ранний рудный (образование продуктивных кварцевых и кварц-шеселитовых тел); 3 — поздний рудный (образование кварц-арсенопиритовых, кварц-пирит-турмалиновых и кварц-пиритовых прожилков, иногда золотоносных); 4 — послерудный (образование кварц-карбонатных жил).

Исследовалось содержание углекислоты в газожидких включениях в кварцах различных этапов минералоотложения методами криометрии, инфракрасной спектроскопии и газового анализа.

Методом криометрии установлено резкое обогащение углекислотой включений в кварцах наиболее продуктивных (кварц-шеселитовых и кварц-арсенопиритовых) жил. Дорудные жилы и поздние сульфидные прожилки содержат незначительные количества углекислоты. В послерудных кварцах углекислота не устанавливается. Характерной чертой режима растворов, образовавших разновидности кварца, насыщенные включениями с углекислотой, является их неоднократное вскипание при резких спадах давления. Выявляются два уровня вскипания: при околокритическом и докритическом состоянии растворов.

Анализ ИК-спектров кварцев различных этапов показал аналогичную картину распределения в них углекислоты и позволил получить информацию о ее количестве по интенсивности поглощения в полосе  $2350 \text{ см}^{-1}$ , выраженной в безразмерных единицах  $D_2$ . Измерения и расчеты проведены Н. Б. Бархударян (ЦНИГРИ) по разработанной ею методике. В кварцах жил рудных этапов, богатых включениями с углекислотой, величина  $D_2$  максимальная (1,3—3,9). Для остальных разновидностей она резко сокращается (0,07—0,8 — для дорудных жил; 0,1—0,78 — для поздних сульфидных прожилков). Минимальными значениями  $D_2$  характеризуется кварц послерудных жил (0,1—0,3).

Полученные данные хорошо согласуются с результатами газового анализа, выполненного М. М. Элинсон в лаборатории газового анализа ИГЕМа. Эти исследования показали возрастание концентрации углекислоты от дорудных кварцев ( $30 \text{ см}^3/\text{кг}$ ) к кварцам рудных этапов ( $80\text{--}90 \text{ см}^3/\text{кг}$  для кварц-шеелитовых жил и  $150\text{--}180 \text{ см}^3/\text{кг}$  для кварц-арсенипиритовых прожилков) и последующее убывание ее в послерудных кварцах ( $25\text{--}30^3/\text{кг}$ ).

Приведенные данные позволяют судить об источнике рудообразующих растворов и их эволюции в процессе образования вольфрамо-золотых руд.

УДК 552.578.3 : 578.1 : 552.3(470.21)

**М. А. ПАВЛОВА**

(Геологический институт Кольского филиала АН СССР,  
г. Апатиты)

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ БИТУМИНОЗНОГО ВЕЩЕСТВА ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД ХИБИНСКОГО МАССИВА**

Работами последних лет установлено широкое распространение рассеянных битумоидов (Б) в изверженных горных породах. Они содержатся во включениях в минералах и в межминеральных порах пород.

Впервые Б были обнаружены в щелочных породах Хибинского массива, где они наиболее полно представлены различными классами органических соединений: парафинами, нафтенами, ароматикой различной степени цикличности, смолами, кетонами, кислотами др. Кроме Б в породах присутствует рассеянное углеродистое вещество, которое не экстрагируется органическими растворителями, условно называемое нами  $C_{\text{дисп}}$ .

Было выяснено, что состав битумоидов в изверженных породах зависит от условий формирования последних и степени их метаморфизма. Для выяснения влияния одного из основных факторов метаморфизма (температуры) на состав битумоидов во включениях, которые можно рассматривать как природные «автоклавики», было предпринято нагревание образца хибинита при температурах:  $200, 400, 600$  и  $800^\circ\text{C}$ . После прогрева проба измельчалась до частиц размером сотые доли мм, и Б экстрагировался хлороформом. Время каждого прогрева — 4 часа. Изучались газообразные и жид-

кие продукты превращения органического вещества, выделившиеся из породы при нагревании, и хлороформенные экстракты вещества, оставшегося во включениях после нагревания.

До нагревания в породе содержалось 0,020 г/кг породы Б, в состав которого входило 15% жидких и 19% твердых парафинов.

При нагревании из породы выделялись газообразные и жидкие углеводороды состава  $C_1$ — $C_{19}$  нормального и изостроения и  $CO_2$ . Количества жидких парафинов лежат в пределах 0.0025—0.0031 г/кг породы и соизмеримы с содержанием таковых в непрогретой породе, но составы их неидентичны.

Хлороформенные экстракты органического вещества, оставшегося в породе после прогревания, маслянисты, имеют приятный запах и цвета от светло-коричневого (200°) до темно-коричневого (800°).

Характеристика экстрактов такова:

Температура, °С	Количество Б, вес.% на породу	Количество парафинов, % вес на Б	Состав парафинов	Преобладающий компонент, % вес. на парафины
200	0.0027	на Б	$C_7$ — $C_{23}$	$C_{17}$ —16
400	0.0027	6	$C_{15}$ — $C_{25}$	$C_{21}$ —77
600	0.0029	28	$C_{13}$ — $C_{22}$	$C_{17}$ —52
800	0.0057	6 47	$C_{16}$ — $C_{29}$	$C_{24}$ —17, $C_{25}$ —15 $C_{26}$ —17, $C_{27}$ —14 $C_{28}$ —14, $C_{29}$ —9

В битумоидах из прогретых образцов определены монозамещенные бензола  $C_6$ — $H_5$ — $R$ .

В результате проведенных исследований было установлено, что при нагревании изменения органического вещества в породе сопровождаются увеличением количества вещества, извлекаемого хлороформом, увеличением газообразных, жидких и твердых парафинов по сравнению с содержанием таковых в непрогретой породе и к появлению монозамещенных бензола.

Предполагается несколько источников парафинов, образовавшихся при нагревании: а) в битумоиде, возможно, присутствуют парафины с числом углеродных атомов больше 31, которые не позволяет анализировать существующая методика и которые при пиролизе могут дать более низкомолекулярные соединения; б) присутствующие в битумоиде в значительных количествах кислородсодержащие высоко-

молекулярные соединения, декарбоксилируясь при высоких температурах (о чем может свидетельствовать выделившийся  $\text{CO}_2$ ), могут давать парафины; в) источником как парафинов, так и других компонентов битумоида, может быть рассеянный в породе  $\text{C}_{\text{дисп}}$ .

Установлено, что при нагревании порода в первую очередь теряет жидкую часть битумоида. Форма нахождения органического вещества в породе и состав самой породы обеспечивает существование высокомолекулярных парафинов при четырехчасовом нагревании их при  $800^\circ\text{C}$ .

УДК 552.112 : 553.064.1

**И. М. СВОРЕНЬ**

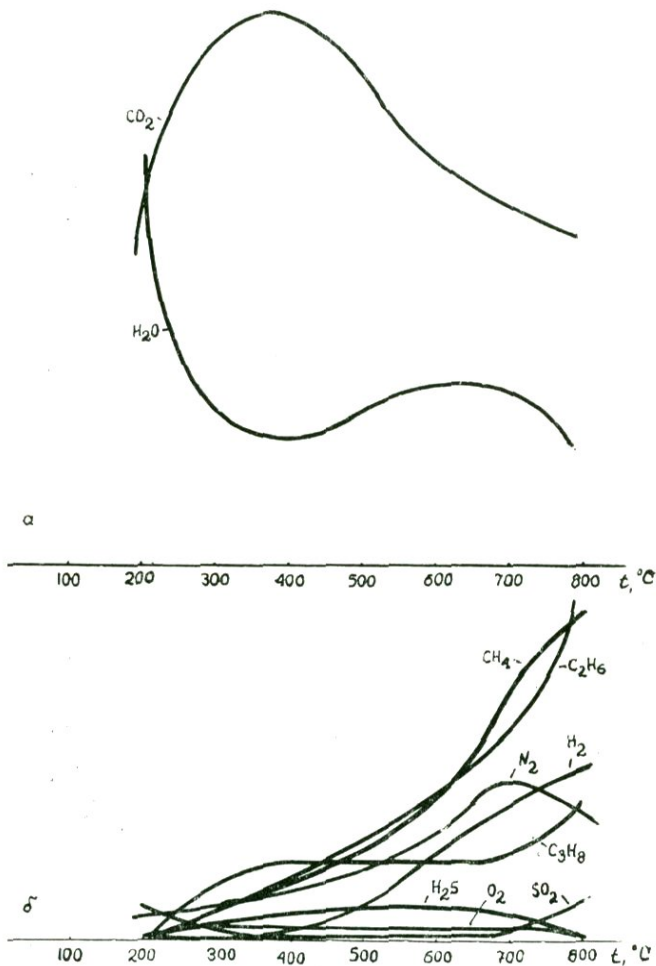
(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

## **ИСТОЧНИКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ ВКЛЮЧЕНИЙ**

Газовая фаза включений в минералах и горных породах часто состоит из углеводородных и углеродсодержащих составляющих, парафино- и нефтеноподобных веществ, битумов и др., происхождение и эволюция которых требуют детального изучения. Источниками газов включений являются, как минералообразующие флюиды, нагретые приконтактные породы, так и органическое вещество, находящиеся в области образования минералов. Включения в галите и сильвинце, например, содержат  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ ,  $\text{CO}_2$  и др. газы, присутствие которых трудно объяснить наличием их в минералообразующей среде. Многие исследователи (Несмелова и др.) связывают их происхождение с продуктами распада органического вещества.

Масс-спектрометрическим методом было промоделировано характер превращения ряда органических веществ и минералов применительно к той геологической обстановке, в которой происходило минералообразование. Исследовано поведение органических веществ в температурном интервале  $0-800^\circ\text{C}$ .

На рис. а, б показана температурная зависимость выхода летучих веществ из торфа. По оси ординат отложено процентное содержание летучих веществ, полученных в процессе разложения торфа при нагревании, по оси абсцисс — изменение температуры. По разрезам, параллельным оси орди-



а, б. Температурная зависимость выхода летучих веществ из торфа.

жно определить количественный газовый состав летучих веществ в каждой интересующей нас точке. Из рисунка, что  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$  образуются первыми и в больших количествах. С повышением температуры выход  $\text{CO}_2$  про-

должает расти и достигает своего максимума при температуре около  $400^{\circ}\text{C}$ , в то время, как количество  $\text{H}_2\text{O}$  уменьшается и в этом интервале имеет свой первый минимум. Увеличивается с температурой и процентное содержание  $\text{C}_n\text{H}_m$  газов. Выход сернистых газов и кислород колеблется во всем температурном интервале, не выходя за пределы 1%. Азот достигает максимальной величины в области  $700^{\circ}\text{C}$ , не превышая 5%.

Таким образом проведенные эксперименты подтверждают возможность наличия в содержимом включений углерод-содержащих веществ, источником которых является органическое вещество.

УДК 552.112 :549.514.51 : 553.064.1

**Е. Е. ЛАЗАРЕНКО, Б. И. ПИСОЦКИЙ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

### **О ПОВЕДЕНИИ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ПЕГМАТИТООБРАЗОВАНИЯ**

Приводятся результаты анализа газов из пород и минералов пегматитов Волыни, полученные методом вакуумной вытяжки (З. И. Ковалишин, 1962) и масс-спектрометрическими исследованиями газов из групп однотипных жидко-газовых включений в кварце (В. А. Калюжный и др., 1968). Установлены следующие компоненты:  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ .

Володарск-Волынское пегматитовое поле вмещает пегматитовые тела, кристаллизующиеся как в условиях относительной замкнутости среды (центральные пегматиты), так и тела с относительно нарушенным режимом кристаллизации (пегматиты окраин поля). В последних образование кварца в послеперсионную стадию происходило при более низких температурах и давлениях.

Как показали анализы, распределение и состав газов в пегматитовых телах находятся в определенной зависимости от степени замкнутости минералообразующей среды. Содержание газовых компонентов различное для пегматитов центральных участков и окраин Володарск-Волынского пегматитового поля.

Для пегматитов окраин отмечается уменьшение количества метана при переходе от зоны графики и блокового кварца (15—40%) к кристаллам занорыша (1,5—6,5%). Имеются пегматитовые тела, в которых кристаллы кварца

вообще не содержат метан. В телах, где сохранялся режим относительной замкнутости занорыша, содержание  $\text{CH}_4$  не обнаруживает резких колебаний от периферии к центру, составляя в среднем 3—5%. Углекислый газ является ведущим компонентом при образовании пегматитов с высокопродуктивным кварцем (В. А. Калужный, З. И. Ковалишин, 1967). В газе кристаллов в среднем содержится 90%  $\text{CO}_2$ . В пегматитах периферических областей поля, в которых кристаллизуются крупные, но непродуктивные кристаллы, установлено самое низкое содержание  $\text{CO}_2$  (18—4%) и даже полное его отсутствие. Отмечена особенность распределения  $\text{CO}_2$  в сотовых кварцах: для пегматитов центральных участков среднее содержание  $\text{CO}_2$  не превышает 60%, а для пегматитов периферии оно равно 80% и выше.

Концентрация азота находится в обратно пропорциональной зависимости от количества  $\text{CO}_2$ . Поэтому для условий более или менее стабильного режима кристаллизации отмечаются минимальные значения содержания азота. Высокие значения обнаруживаются для пегматитов окраин (30—90%). В сотовых кварцах как продуктивных, так и непродуктивных пегматитов отмечается невысокий процент азота (8—15%).

Исследование содержаний газовых компонентов в процессе пегматитообразования показывает, что в пегматитах, содержащих бездефектный кварц, происходит увеличение концентраций углекислого газа; количество метана остается почти постоянным, а содержание азота убывает к центру занорыша.

УДК 553.634.12 : 001.8 + 622.721 : 535.6

**В. С. ПОЛЫКОВСКИЙ, А. А. МОСКАЛЮК В. И. КАЛИНКИН**  
(МГ УзССР, г. Ташкент; ВСЕГЕИ, г. Ленинград)

### **О ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ И СОЛЕВОМ СОСТАВЕ РАСТВОРОВ, УЧАСТВОВАВШИХ В ОБРАЗОВАНИИ ФЛЮОРИТОВ КЕНГУТАНА (КУРАМИНСКИЙ ХРЕБЕТ)**

Многочисленные проявления флюоритовой минерализации, широко развитые в пределах южного склона Кураминского хребта, очень часто по своему минералогическому составу представлены кварц-флюоритовой формацией, типичным представителем которой является месторождение Кенгутан.

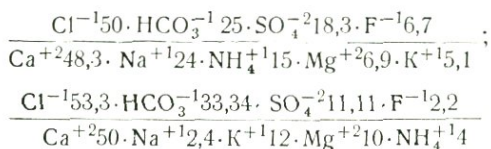
Рудные тела Кенгутанского месторождения контролируются разломом субмеридионального простирания, прослеживаемым в гранодiorитах Карамазарского комплекса  $\text{C}_2$

почти на 2,5 км. Они представляют собой серии кулисообразных линзующихся жил и сближенных по мощности прожилков, переходящих на отдельных участках в сплошные тела массивного или брекчиевого строения.

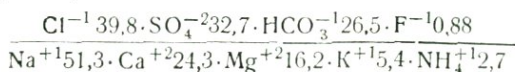
Среди флюоритов Кенгутана выявлены разности, пригодные для синтеза кристаллов оптического флюорита. В целях изучения особенностей образования вышеуказанных разновидностей было проведено изучение газовой-жидких включений во флюоритах и определены как температурный режим, так и солевой состав растворов, участвовавших в формировании флюоритоносных жил.

Проведенные термометрические исследования установили, что наиболее чистым полупрозрачным разностям флюорита свойственны следующие температуры декрепитации:

$t$  нач. —160—220°C,  $t$  макс. 200—230°C,  $t$  конечн. 320—360°C, общая декрепитационная активность 2300—3400 имп. Для этих флюоритов характерны сравнительно низкие концентрации гидротермальных растворов, извлеченных из газовой-жидких включений во флюоритах методом водных вытяжек:  $\Sigma_{\text{сол.}} = 3,04—3,69$ . Согласно проведенным анализам и расчетам растворы должны быть отнесены к типу хлоридно-бикарбонатно-сульфатно-кальцево-натриевых или хлоридно-бикарбонатно-сульфатно-кальцево-натро-калиевых:



Для непрозрачных флюоритов, образовавшихся из более высокотемпературных гидротермальных растворов, характерно увеличение общей декрепитационной активности до 5800—6200 имп. При этом отмечается сдвиг температуры максимума декрепитации и конечных температур декрепитации в более высокотемпературную область (соответственно  $t$  макс. —280—300°C и  $t$  конечн. —400—410°C). Концентрация солей в гидротермальных растворах при этом увеличивается до 7,41—7,66 мг/100 г. обр. Причем отмечаются изменения и в составе самих растворов, которые приобретают хлоридно-сульфатно-бикарбонатно-натро-кальцево-магнийский характер:



Проведенные исследования позволяют рекомендовать к использованию выявленные особенности температурного режима и солевого состава растворов, участвовавших в образовании флюоритов Кенгутана, в качестве критериев, которыми следует руководствоваться при поисковых работах на илавиловый шпат для синтеза оптического флюорита в пределах Наугарзан-Кумкольского рудного поля.

УДК 550.4 : 536.42 : 546.26 : 548.4

**Вл. А. КАЛЮЖНЫЙ**

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР,  
г. Львов)

### **ЭВОЛЮЦИЯ ФАЗОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ (ПО ВКЛЮЧЕНИЯМ В МИНЕРАЛАХ)**

1. Экспериментальные исследования фазовых равновесий в двух (и более) компонентных системах типа углеродсодержащие соединения — вода свидетельствуют, что многие из них обладают частичной или полной смесимостью при повышенных давлениях и температурах. Анализ состояния с помощью физико-химических диаграмм давление-температура-состав, объем-температура-состав и их разрезов на примере систем  $H_2O-CO_2$ ,  $H_2O-C_nH_{2n+2}$ , углеводороды насыщенного ряда и др. подтверждает это.

2. Изменение агрегатного состояния глубинных флюидов в связи с их восходящим движением происходит с увеличением числа сосуществующих фаз. Одновременно, в зависимости от внешних условий равновесия, изменяется их состав. Гетерогенизация флюидов приводит к выделению из растворов и концентрированию компонентов полезных ископаемых.

3. Примером эволюции агрегатного состояния минералообразующих систем служат флюиды гидротермальных и гидротермально-метасоматических образований: а) Донбасса, Волины и Забайкалья ( $H_2O+CO_2$ ); б) Закарпатья и Донбасса ( $H_2O+CH_4$ ); в) Волино-Подольи, Крыма и Кавказа ( $H_2O+CH_4+C_nH_{2n+2} + \dots$ ) и других районов. С ними связаны рудопроявления и месторождения золота, полиметаллов, пьезо-кварца, ртути, нефтяных углеводородов и других полезных ископаемых.

Г. П. МАМЧУР

(Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР, г. Львов)

## ГЕОХИМИЯ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА В ЭНДОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Углерод является очень подвижным химическим элементом в природе. Для него характерно участие во многих геохимических процессах, в том числе и в эндогенных условиях. Изотопный анализ углерода позволяет определить характер этих процессов, поскольку при определенных условиях происходит наследование изотопного состава вновь образующимся веществом или его закономерное изменение. В связи с этим для геохимии стабильных изотопов углерода важно знать изотопный состав «первичного» углерода мантии. На основании литературных данных и собственных исследований Э. М. Галимов (1968) указывает две ветви углерода, отличающихся по изотопному составу. Тяжелый углерод ( $\delta C^{13} = -0,7\%$ ) содержится в богатых углеродом каменных метеоритах и  $CO_2$  вулканических газов, и легкий углерод ( $\delta C^{13} = -2,5\%$ ) характерен для рассеянного углеродного вещества бедных углеродом метеоритов и магматических пород Земли.

Вновь образующееся вещество наследует изотопный состав исходного материала в тех случаях, когда процесс протекает быстро, без достижения термодинамического равновесия в изотопно-обменной реакции, и полностью, когда исключается влияние кинетического изотопного эффекта разделения изотопов. Например, алмазы наследуют изотопный состав углерода глубинной  $CO_2$  или другого исходного материала (органического вещества — окрашенные алмазы, карбонадо; графита — в производстве синтетических алмазов). Фракционирование изотопов углерода наблюдается в тех случаях, когда в системе находится два и больше углеродсодержащих соединения в равновесных условиях, позволяющих проявиться термодинамическому изотопному эффекту разделения изотопов между составными частями такой системы (например,  $CO_2$  и  $CH_4$  во включениях, карбонат и бикарбонат в гидротермальном процессе и др.), или когда процесс протекает медленно с переносом углерода, и разделение изотопов происходит за счет гетерогенного изотопно-

го эффекта (образование графита из  $\text{CO}_2$ ). Изменение изотопного состава углерода возможно также за счет смешения одинаковых химических соединений, образовавшихся из различных по изотопному составу исходных веществ. Смешение  $\text{CO}_2$  глубинных флюидов и летучих компонентов гранитной магмы (Мамчур, Матвиенко, Ярыныч, 1975) наблюдали во включениях в гранитах и пегматитах Коростенского плутона.

Полученные при изотопных исследованиях качественные и количественные оценки изменений изотопного состава углерода в геохимических процессах позволяют дополнительно к другим методам исследований характеризовать эти процессы.

В настоящее время имеются данные по изотопному составу  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , алмазов, графитов, карбонатитов, рассеянного углистого и битуминозного вещества из ряда эндогенных образований в различных районах мира. Это позволило установить ряд закономерностей распространения изотопов углерода в этих соединениях, что способствовало глубокому раскрытию геохимии углерода в эндогенных условиях.

Битуминозное вещество в изверженных породах имеет  $\delta\text{C}^{13}$  близкое к величине  $-2,9\%$ . Подобное значение изотопного состава углерода наблюдается также для соединений углерода с водородом в метеоритах. Таким образом облегчение изотопного состава углерода при его соединении с водородом и образовании высокомолекулярных соединений возможно не только в результате биохимического взаимодействия, но и в химических и физических процессах.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
От оргкомитета совещания	2
<i>Г. Б. Наумов, О. Ф. Миронова, В. Б. Наумов.</i> Соединения углерода во включениях гидротермальных кварцев	3
<i>Ф. П. Мельников.</i> Эндогенное минералообразование и углеводороды	4
<i>Г. М. Гигашивили, О. С. Ступка, А. М. Плотноков.</i> Условия миграции и эволюция углеводородных флюидов по жидким включениям углеводородов в гидротермальных минералах Горного Крыма	6
<i>В. В. Золотухин, Ю. Р. Васильев.</i> К проявлениям соединений углерода в ультраосновных и щелочно-ультраосновных породах Сибирской платформы	8
<i>О. И. Петриченко, Б. В. Долишний, И. М. Сворень.</i> Соединения углерода из включений в галите	10
<i>С. В. Соколов.</i> Эндогенное углеродистое вещество во включениях в минералах карбонатитовых массивов	12
<i>А. В. Волошин, И. В. Давиденко, С. В. Икорский.</i> Генетическая связь соединений углерода с процессами образования гранитных пегматитов	13
<i>Л. Н. Хетчиков, Б. А. Дороговин.</i> Роль углекислоты в формировании метаморфических пород архея	15
<i>В. К. Каржавин, И. А. Петерсилье.</i> О возможной генетической связи углеводородных соединений пород и минералов интрузивных массивов с их щелочным компонентом	16
<i>Е. И. Доломанова, И. В. Богоявленская, Р. В. Боярская, Е. В. Власова, А. Р. Грошенко, Л. П. Носик.</i> Форма нахождения углерода в минералах оловорудных месторождений	
<i>Вл. А. Каложный.</i> Генетическая информативность включений глубинных флюидов в минералах	19
<i>Ю. В. Алехин, В. М. Шмонов, К. И. Шмулович.</i> О возможном механизме дифференциации гидротермальных растворов	21
<i>Л. Н. Хетчиков, Б. А. Дороговин.</i> Влияние соединений углерода на температуры гомогенизации газовой-жидких включений	22
<i>В. С. Балицкий, Б. А. Дороговин.</i> Экспериментальное изучение участия углеводородов в процессе гидротермального минералообразования	23
<i>А. С. Шур.</i> К методике определения давления в минералообразующих растворах	24
<i>В. М. Ковалевич.</i> Термометрические исследования включений в искусственных кристаллах галита	25
<i>И. М. Сворень.</i> К вопросу о воспроизводимости газовой среды минералообразования	26
<i>И. А. Петерсилье, М. А. Павлова.</i> Органические соединения в изверженных горных породах	28
<i>В. Ф. Дернов-Пегарев, И. Г. Жадовская, Д. Н. Хитаров.</i> Генезис карбонатитов в составе экспериментальных даунитов, полученных в системах типа карбонат щелочного металла-карбонат щелочноземельного металла — вода	30
<i>В. К. Каржавин.</i> Исследование продуктов термодесорбции апатита и нефелина и кинетика газовой выделения	31
<i>Е. В. Баханова, В. Г. Боголепов, В. А. Нарсеев, Э. Я. Польшвяный.</i> О критериях «ювинильности» реликтов гидротерм и природе соединений углерода во включениях	33

В. А. Нарсеев, Е. В. Баханова. Эволюция углеводородов в гидротермальных системах	35
А. Д. Матвиенко, Г. П. Мамчур, В. Н. Бурлаков, О. А. Ярынич. Некоторые особенности распределения эндогенной $\text{CO}_2$ и изотопный состав ее углерода в гранитах, вмещающих занорышневые пегматиты	36
Г. И. Крылова. Сравнительная характеристика углисто-графитовых компонентов в разновозрастных метаморфических породах Южного Урала	37
Г. П. Мамчур, Г. М. Гигашивили, Р. А. Ахведиани. Изотопный состав углерода в кальцитах из гидротермальных жил Телетского хребта	39
О. Н. Вынар, Б. Г. Ремешило. К вопросу о роли углеродсодержащих флюидов в постмагматических процессах минералообразования (на примере интрузивных комплексов УКЦ)	41
З. И. Ковалишин. Содержание углекислоты в газовой фазе как индикатор физико-химических условий минералообразования занорышневых пегматитов Волыни	43
В. М. Макагон. О роли $\text{CO}_2$ в процессах формирования мусковитовых и редкометалльных пегматитов	45
А. Д. Матвиенко. Влияние условий формирования занорышневых пегматитов на распределение эндогенной $\text{CO}_2$ в отдельных минерало-структурных зонах	47
Б. Д. Жовтуля. К распределению эндогенной $\text{CO}_2$ в магматических породах Вышковского района	49
Е. Е. Лизаренко. Газы в кварцах мларол и шлировых пегматитов	50
Вл. А. Калужный, И. Н. Зинчук, И. М. Сворень. Метановые и водно-метановые включения высокой плотности в минералах гидротермальных жил Донбасса	52
Д. К. Возняк, В. И. Павлишин. О кварце с включениями углеводородов из жильных образований Донецкого бассейна	54
Ю. Г. Майский. Углеродсодержащие реликты в гидротермалитах Донбасса	55
Р. А. Ахведиани, Г. М. Гигашивили. Включения углеводородов в кварцах из гидротермальных жил Телетского хребта	57
Д. В. Аревадзе, В. З. Ярошевич, М. И. Кучер. Исследование газовой-жидких включений с углеводородами в минералах кварц-кальцитовых жил из района г. Тбилиси	59
М. Д. Братусь, И. М. Сворень, В. В. Даныш. Включения углеводородов в «мармарошских алмантах» Карпат как показатели миграции нефтяных флюидов	60
Б. В. Зацеха. Включения углеводородов в гидротермальном кварце Закарпатской металлогенической провинции	62
Г. Н. Боболович. Морфогенетический анализ семейств включений углеводородов во флюорите месторождений хребта Кох-и-Марон (Зап. Пакистан)	64
В. С. Шайдецкая. Включения жидкой углекислоты в галите из девонской каменной соли Днепровско-Донецкой впадины	65
В. М. Ковалевич, И. М. Сворень. Углеродсодержащие газы во включениях в силвине из калийных месторождений Предкарпатья	67
В. С. Поликовский, М. М. Элинсон, В. Н. Козырев. О газовом составе растворов, участвовавших в образовании флюоритов Янги-Кана (Кугитанг-Тау в Южном Тянь-Шане)	68
Г. Н. Кокарев, Е. М. Мельникова. Углерод и его соединения в гидротермальных кварцевых жилах Приполярного Урала	69

А. М. Никаноров, Э. С. Сианисян. Включения углеводов в кальцитовых жилах Северо-Восточного Кавказа	70
А. С. Щирица. Сравнительная характеристика карбонатов Крыма поверхностного и глубинного генезиса	71
Л. П. Дручок, Вл. А. Калюжный. Микроспектральный метод изучения состава твердых фаз включений в минералах	72
В. П. Теллов. Нуклеогенез как энергетическая и материальная основа тектономагматической активизации и минерации (рудно- и нефтегазообразования)	74
Ю. И. Холодков. О влиянии углекислоты включений на определение баланса органического вещества пород	76
В. Н. Труфанов, А. Г. Грановский. К термодинамике углеродсодержащих включений в минералах стратиформных рудопроявлений Центрального Кавказа	77
Т. М. Суцеская, В. В. Малахов. Углекислота и другие газы включений в минералах оловорудных месторождений	78
В. Г. Моисеевич, Г. Н. Степанов, В. В. Малахов. Роль соединений углерода в формировании рудных месторождений Востока СССР	79
Вл. А. Калюжный, Н. М. Давиденко, И. Н. Зинчук, И. М. Сворень, Б. П. Писоцкий. Роль углекислотно-водных и метано-водных флюидов в формировании рудопроявлений золота Чукотки	80
Д. А. Тимофеевский, С. И. Адрианова. Сравнительная характеристика поведения некоторых соединений углерода в золоторудных месторождениях различных провинций	82
Н. И. Андрусенко, Т. Н. Сосовец, М. М. Константинов. Роль углекислоты в формировании близповерхностных и среднеглубинных месторождений золота	83
И. В. Попивняк. О роли $CO_2$ в формировании месторождений Муйского золоторудного района (Северная Бурятия)	84
С. М. Ивасив, К. М. Позднеев. Об участии двуокиси углерода в гидротермальных растворах, формировавших руды Архонского полиметаллического месторождения (Северный Кавказ)	86
Р. З. Архипчук. Углекислота гидротермальных растворов эндогенных месторождений Западного Забайкалья	87
Р. П. Панькин, И. М. Сворень. О составе рассеянных газов в рудах и породах Язовского месторождения самородной серы	89
В. А. Кормушин, Н. Ж. Ибраева, З. М. Липова. Соединения углерода в минералообразующих растворах редкометалльных месторождений Казахстана (по включениям в минералах)	91
Л. Г. Пальмова, Л. А. Копнева. Физико-химические условия формирования жильного и метасоматического кварца одного из золоторудных месторождений	92
А. М. Рахманов. О роли углеродсодержащих компонентов в постмагматическом этапе развития высокотемпературных рудных формаций на Южном Гиссаре (по данным изучения флюидных включений)	93
В. В. Шапенко. Роль углекислоты в формировании молибденово-вольфрамового оруденения Забайкалья	94
Л. С. Пузанов, М. Н. Кандинов. О значении жидкой углекислоты в минералах флюорит-барит-железородного оруденения	96
Г. П. Мамчур, Б. Д. Жовтуля, О. А. Ярыныч. $C^{13}$ гидротермальных карбонатов в изверженных породах Закарпатья	98
С. И. Адрианова, В. Б. Аминов, Л. М. Валяшко. К вопросу о роли углекислоты в формировании золоторудного месторождения Ленского района	99

<i>С. И. Адрианова, Ю. Г. Зарембо.</i> Режим углекислоты в процессе образования комплексного вольфрамо-золотого оруденения Центральных Кызылжумов	100
<i>М. А. Павлова.</i> Экспериментальные исследования термического превращения битуминозного вещества изверженных пород Хибинского массива	102
<i>И. М. Сворень.</i> Источники углеродсодержащих газов включений	104
<i>Е. Е. Лазаренко, Б. И. Писоцкий.</i> О поведении газовых компонентов в процессе пегматитообразования	106
<i>В. С. Польшковский, А. А. Москалюк.</i> О температурном режиме и солевом составе растворов, участвовавших в образовании флюоритов Кенгутана (Кураминский хребет)	108
<i>Вл. А. Калужный.</i> Эволюция фазовых изменений углеродсодержащих флюидов (по включениям в минералах)	110
<i>Г. П. Мамчур.</i> Геохимия стабильных изотопов углерода в эндогенных условиях	111
Содержание	

---

БГ 12517. Подпис. к набору 25.V.1975 г. Подп. к печати 27.VIII.1975 г.  
Формат бум. 60x90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. лист. 7.25. Тир. 700. Зак. 4560. Цена 60 коп.

---

Нестеровская городская типография. Львовского областного управления,  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, г. Нестеров,  
ул. Горького, 8

Цена 60 коп.

1338