
Е.Ф. Шнюков, В.В. Иванченко, В.В. Пермяков

Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины, Киев

АКЦЕССОРНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ СОПОЧНОЙ БРЕКЧИИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

Результаты минералогических исследований акцессорных минералов сопочной брекчии грязевых вулканов Черного моря укладываются в концепцию П.Н. Кропоткина и Б.М. Валяева (1984 и др.) об углеводородной дегазации Земли, мантийных источниках флюидов, о грязевых вулканах как своего рода трубах дегазации. Воздействием флюидов объясняется возникновение самородных минералов (золото, медистое золото, медь, серебро, сера, железо и др.), сульфидов, карбидов. Природа многих оксидов пока неясна. Подавляющее большинство силикатов, многие оксиды — обломочный материал из майкопской толщи. Частицы пород — юрские угли, предположительно железистые породы, известняки — вероятно, вынесены грязевыми вулканами из прорываемых осадочных комплексов, что подтверждает их глубинное заложение. Наличие мелких оплавленных частиц глинистых пород объясняется воздействием глубинных флюидов на глинистые породы, в первую очередь на сопочную брекчию. Карбонаты и сульфаты — новообразования верхних горизонтов, где глубинные флюиды уже содержали кислород.

Ключевые слова: вулканическая брекчия, самородные минералы, флюид, труба дегазации.

В последние годы в Черном море открыты десятки ранее неизвестных грязевых вулканов. Они локализованы преимущественно в северной части моря, во впадинах Западно-Черноморской, Сорокина, Туапсинской, в меньшей мере в ряде других структур. В настоящее время многими исследователями изучен рельеф грязевых вулканов, в отдельных случаях их сейсмическое строение, газовый состав выбросов, ритмичность деятельности и ряд других особенностей (В.Н. Егоров, Ю.Г. Артемов, С.Б. Гулин, 2011; Е.Ф. Шнюков, В.П. Коболев, А.А. Пасынков, 2013 и др.).

К сожалению, вещественный состав сопочной брекчии грязевых вулканов, их минералогия остались почти вне поля зрения исследователей. Описана лишь минералогия карбонатных новообразований. Литология брекчий и минералогия акцессорного материала сопочной брекчии не привлекли внимание специалистов.

Целью настоящей работы было частичное восполнение этого пробела. Изучались новообразования грязевулканического процесса, возникающие при движении газоводных флюидов вверх по каналу вулкана.

© Е.Ф. ШНЮКОВ, В.В. ИВАНЧЕНКО, В.В. ПЕРМЯКОВ, 2014

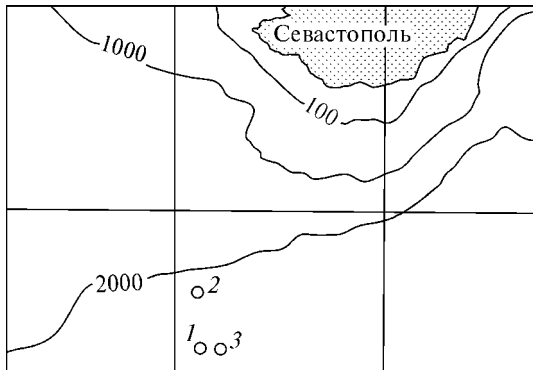


Рис. 1. Расположение изученных грязевых вулканов в Черном море: 1 — МГУ; 2 — Тредмар; 3 — Южморгео

Для этого отбирались крупные пробы сопочной брекчии (до 200 кг), которые отмучивались и отмывались до серого шлиха в экспедиционных условиях на судах, а затем домывались в лабораториях, разделялись по размеру на фракции, которые подвергались обработке с за-

дачей выделения тяжелой, легкой, магнитных и электромагнитных составляющих. Для первоочередного изучения были выбраны крупные вулканы Западно-Черноморской впадины — Южморгеология, МГУ, Тредмар. Они хорошо выражены в рельефе, сопочная брекчия в них значительной площади и легко может быть отобрана драгами (рис. 1, 2).

Исследования акцессорной минерализации сопочной брекчии грязевых вулканов Черного моря предприняты впервые. Ранее минералогия сопочной брекчии, тем более акцессорная ее составляющая, не изучались.

Исследования акцессорных минералов выполнялись под биноклем В.В. Иванченко, на сканирующем электронном микроскопе с энерго- и волнодисперсионными спектрометрами (Jeol-6490LV EDS WDS Oxford — В.В. Пермяковым).

Изученная акцессорная минерализация необычна. Необычна по видовому минеральному составу, характеру выделений отдельных минералов. Особый интерес представляют обломки пород. В полной мере оправдывается утверждение Д.В. Голубятникова (1923): «Грязевой вулкан — это бесплатная разведочная скважина».

Новые возможности минералогического исследования акцессорных минералов грязевых вулканов, создаваемые использованием микроанализатора, позволили заметно расширить список минералов и добиться качественно иного уровня их познания, иначе толковать развитие грязевулканического процесса.

Таблица 1. Предполагаемые горные породы в составе мелкообломочного материала сопочной брекчии грязевых вулканов Черного моря

Породы	Грязевые вулканы		
	МГУ	Тредмар	Южморгео
	Встречаемость		
В разной степени оплавленные частицы сопочной брекчии	Редкие		
Каменный уголь	Редкие	Редкие	Редкие
Магнетитовый кварцит высоких степеней метаморфизма (?)			Редкий
Сросток кварца, полевого шпата, биотита — гранита (?)		Редкий	
Известняк		Редкий	Редкий
Туф ультрабазитовый (?)		Очень редкий	
Сланцы с сульфидами (?)		Редкие	
Магнитные шарики	Редкие	Редкие	

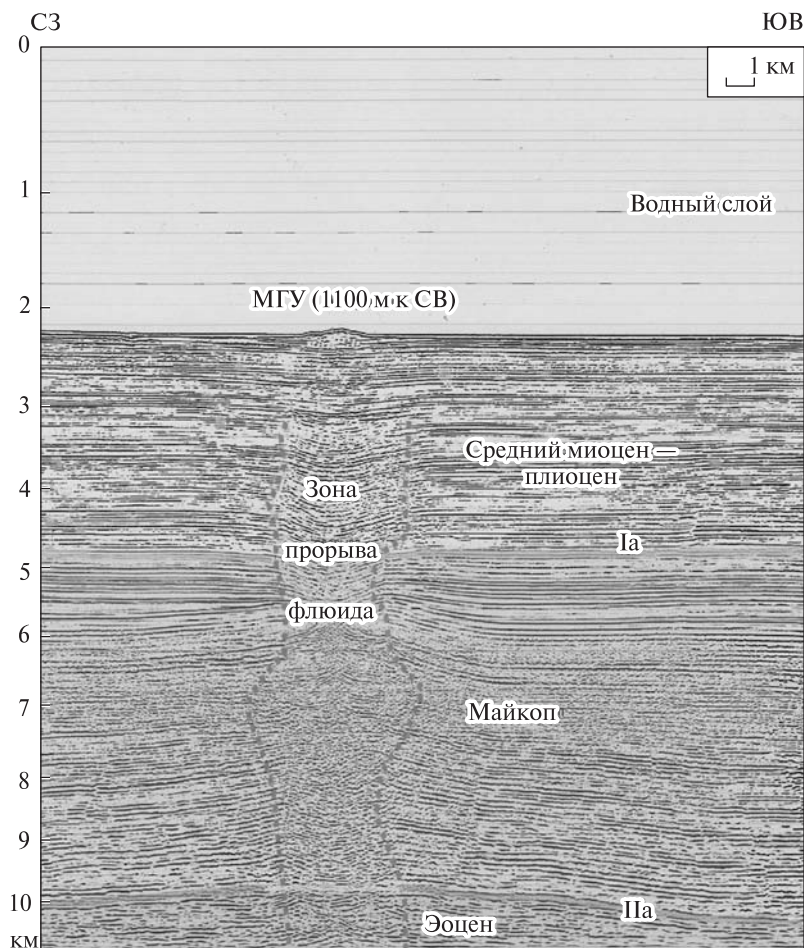


Рис. 2. Глубинный сейсмический разрез грязевого вулкана МГУ. Фрагмент сейсмического разреза

Очень интересны обломки пород, найденные в составе отмытых фракций (табл. 1). Они обнаружены под бинокляром, изучены на микроанализаторе. Возможны разночтения при их определении, возможны ошибки, но в первом предположении авторы отмечают присутствие в разной степени оплавленных частиц брекчии, мелких обломков магнетитовых кварцитов, угля, известняка, гранита, сланца с сульфидами, туфа ультраосновного состава. К сожалению, все это — очень мелкие частицы.

Особый интерес представляют находки оплавленных частиц и стекол, явно возникшие за счет сопочной брекчии. Стекла имеют свежий вид, содержат пузырьки газа. Иногда образуют угловатые сколы, в других случаях это шарики и рогульки. Свежее стекло встречается довольно часто. Цвет самый разнообразный — бесцветные, синие, черные, ярко-зеленые, серые с неяснополосчатым распределением окраски (результат течения). Многие частицы сопочной брекчии покрыты тонкой пленкой ярко-красного, сургучного цвета. По результатам микрозондовых исследований состав оплавленных частиц не отличается от состава сопочной брекчии. В слабо оплавленных частицах местами видна брекчиевидная текстура

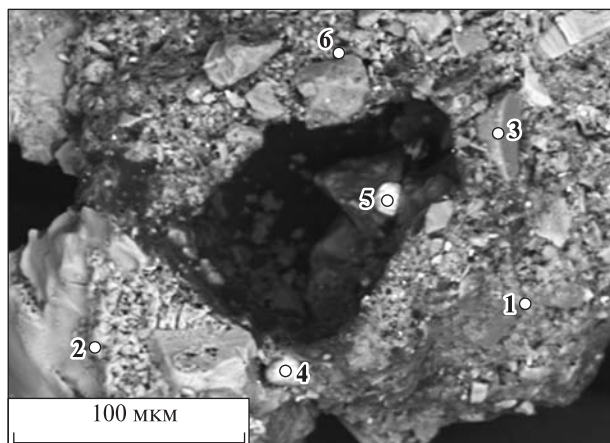


Рис. 3. Предположительно слабо-оплавленная сопочная брекчия, сохранившая свою текстуру

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	37.70	60.45
Al	1.57	1.50
Si	8.96	8.18
S	3.40	2.72
Cl	7.26	5.25
K	2.82	1.85
Ca	13.60	8.70
Fe	24.71	11.35
Totals	100.00	

Spectrum 2

Element	Weight, %	Atomic, %
O	39.50	57.61
Mg	4.21	4.04
Al	5.40	4.67
Si	16.29	13.54
Ca	34.61	20.15
Totals	100.00	

Spectrum 3

Element	Weight, %	Atomic, %
O	2.19	6.52
Mn	0.72	1.41
Al	2.48	4.38
Si	5.78	9.78
Cl	1.47	1.98
K	0.79	0.96
Ca	2.28	2.71
Ti	3.20	3.18
Fe	81.08	69.08
Totals	100.00	

Spectrum 4

Element	Weight, %	Atomic, %
O	53.73	67.82
Si	43.10	30.99
S	0.77	0.48
Fe	0.98	0.35
Br	1.43	0.36
Totals	100.00	

Spectrum 5

Element	Weight, %	Atomic, %
O	8,57	18.74
Si	1.61	2.01
S	49.41	53.94
Ca	0.67	0.58
Mn	0.97	0.62
Fe	37.74	23.65
Br	1.03	0.45
Totals	100.00	

Spectrum 6

Element	Weight, %	Atomic, %
O	37.71	62.34
Mg	1.13	1.23
Al	2.06	2.02
Si	12.52	11.79
S	0.62	0.51
Cl	0.60	0.44
Ca	0.99	0.66
Fe	44.37	21.01
Totals	100.00	

некоторых зерен, в том числе с присутствием стекловидной массы (рис. 3). Все это несколько напоминает уже описанные продукты обжига в грязевых вулканах (Е.Ф. Шнюков, Э.В. Сокол и др., 2009) (рис. 3 spectrum 5).

Возникновение оплавленных частиц можно истолковать как результат воздействия флюидного плюма на майкопскую толщу и на сопочную брекчию.

Весьма вероятно, продуктами этого же процесса могут явиться магнитные шарики и пустотелые шарики марказита.

Привлекают внимание обломки пород. Разумеется, слово обломки — это слишком громкое название для частиц в первые мм, а чаще даже доли мм. К ним относятся, в частности, частицы, предположительно определенные как магнетитовый кварцит (?). Признаки кварцита в обломке наблюдаются: это вытянутые в линию зерна магнетита среди кварца. Химизм породы — преимущественно Fe и Si; других примесей, что характерно для магнетитовых кварцитов, почти нет (рис. 4).

В то же время порода содержит также вюстит и гиперстен, т.е. это как бы аналог кварцитов гнейсовой степени метаморфизма. На Украинском кристаллическом щите такие кварциты были встречены при разбуривании Зеленовской магнитной аномалии (одна из правобережных аномалий к северу от Криворожского железорудного бассейна) (рис. 4). Грязевой вулкан МГУ, в брекчии которого найден обломок, расположен недалеко от магнитной аномалии. Эти аномалии часто вызываются наличием магнетитовых кварцитов в разрезе. Как правило, возраст магнетитовых кварцитов датируется докембрием (Н.М. Страхов, 1948). На наиболее близкой области развития железистых пород — Украинском кристаллическом щите — эти породы докембрийские. Этот возраст можно предположить и для данных обломков кварцитов. Все это позволяет с некоторой долей фантазии предполагать возможность прорыва флюидным плюмом докембрийских толщ.

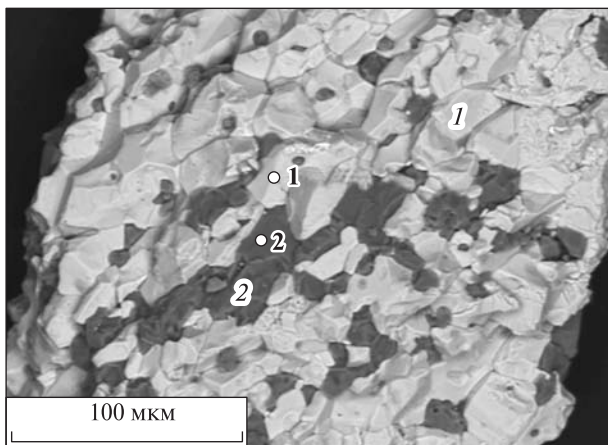


Рис. 4. Предполагаемый магнетитовый кварцит. 1 — магнетит; 2 — кварц

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	29.72	59.36
Si	0.76	0.86
Fe	69.52	39.78
Totals	100.00	

Spectrum 2

Element	Weight, %	Atomic, %
O	55.03	68.89
Si	42.27	30.15
Fe	2.70	0.97
Totals	100.00	

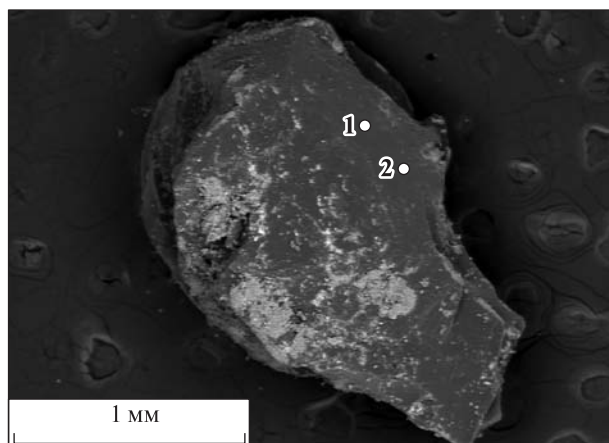


Рис. 5. Уголь с вкрапленностью сульфидов. Грязевой вулкан Тредмар

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
C	92.29	94.19
O	7.46	5.71
S	0.25	0.10
Totals	100.00	

Spectrum 2

Element	Weight, %	Atomic, %
C	89.67	92.18
O	9.90	7.64
Al	0.09	0.04
Si	0.13	0.06
S	0.21	0.08
Totals	100.00	

Очень интересен и факт находки обломков угля в вулкане МГУ и Южморгео. Их размер до 1×2 мм, по форме — угловатые зерна (рис. 5).

Ближайший к грязевому вулкану район развития углей — Бешуйские копи, где уголь приурочен к отложениям средней юры. Меньшие по масштабам выходы среднеюрских углей известны и в районе Балаклавы. Возможно развитие юрских угленосных толщ и под дном Черного моря. Химизм углей сравнить пока не удалось, но сера как примесь зафиксирована и в Бешуйских углях (до 2—3 %), и в угольном обломке грязевого вулкана (0,2—2,49 %). Прорыв среднеюрской толщи флюидами привел, очевидно, наверх, в состав глиняной брекчии мелкообломочный материал, из которого на поверхность дна и вынесен описываемый обломок.

Гагат из среднеюрских отложений уже находили в четвертичных отложениях на шельфе вблизи Севастополя (Шнюков, Соболевский, Кутний, 1996).

Д.А. Туголесов и др. (1985) отмечают наличие среднеюрских отложений на вале Андрусова, т.е. вблизи вулканов. Случайное попадание угля в результате антропогенной деятельности маловероятно.

Наименее информативен оказался обломок углистого известняка. Установить его возраст хотя бы приблизительно пока не представляется возможным.

Другие находки пород во многом спорны, поэтому пока не рассматриваются.

Минералогическое изучение шлиховых фракций сопочной брекчии грязевых вулканов МГУ, Тредмар, Южморгео (Западно-Черноморская впадина) дало очень интересные и во многом неожиданные результаты (табл. 2).

Были обнаружены многочисленные самородные минералы.

Так, в грязевом вулкане Южморгео во многих пробах имеются самородная сера, самородные железо и никелистое железо. Были встречены самородная медь, золото, минералы, переходные между ними, самородное серебро.

Таблица 2. Минералы сопочных брекчии грязевых вулканов Черного моря (тяжелая фракция)

Минералы (горные породы)	г/в МГУ	г/в ТРЕДМАР	г/в ЮЖМОРГЕО	
	Встречаемость			
<i>Самородные элементы</i>				
Золото самородное	1 зн		Очень редкий, 3—5 зн.	
Золото с Ag, Cu, Pd, Zn, Ni			Очень редкий, 3—5 зн.	
Золото медистое (до 25 % Cu)			Очень редкий, 3—5 зн.	
Медь золотистая (до 25 % Au)			Очень редкий, 3—5 зн.	
Медь самородная			Редкий. около 10 зн.	
Серебро самородное			Очень редкий, 3—5 зн.	
Сера самородная			Второстепенный	
Железо самородное			Очень редкий	Редкий. около 10 зн.
Никелистое железо			Очень редкий	
Хром-никелистое железо				Очень редкий
<i>Карбиды</i>				
Когенит Fe ₃ C			Очень редкий	
<i>Сульфиды</i>				
Пирит	Главный	Главный	Главный	
Марказит	Главный	Главный	Главный	
Пирротин	Редкий	Редкий	Редкий	
Борнит			Редкий	
Халькопирит		Редкий	Редкий	
Кубанит			Очень редкий	
Ковеллин, халькозин			Очень редкий, 3—5 зн.	
Вюртцит	Редкий	Редкий	Редкий	
Сарторит PbAs ₂ S ₄		Очень редкий		
<i>Оксиды и гидроксиды</i>				
Корунд (лейкосапфир)	Очень редкий			
Вюстит			Очень редкий	
Магнетит	Второстепенный	Редкий	Второстепенный	
Гетит	Второстепенный	Второстепенный	Второстепенный	
Хромит	Редкий		Редкий	
Гематит		Редкий	Второстепенный	
Ильменит	Второстепенный	Второстепенный	Второстепенный	
Рутил	Второстепенный	Редкий		
Хром-магниева шпинель		Очень редкий	Редкий	
Лейкоксен		Второстепенный		
Франклинит			Редкий, обн. в качестве примеси в пластинчатом магнетите	
Перовскит			1 скелетный кристалл	
<i>Карбонаты</i>				
Кальцит	Из легкой фракции	Из легкой фракции	Из легкой фракции	
Сидерит			Второстепенный	
Смитсонит			Редкий	
Фосгенит		Очень редкий		
Доломит		Редкий		

Минералы (горные породы)	г/в МГУ	г/в ТРЕДМАР	г/в ЮЖМОРГЕО
	Встречаемость		
<i>Сульфаты</i>			
Гипс	Очень редкий	Очень редкий	
Барит	Очень редкий		Редкий
<i>Фосфаты</i>			
Апатит, в т.ч. с шеелитом	Редкий	Редкий	
Пироморфит $Pb_5[PO_4]_3Cl$		Очень редкий	
Монацит		Очень редкий	
Фторапатит	Редкий		
<i>Арсенаты</i>			
Карминит (?) $PbFe_2(AsO_4)_2(OH)_2$			Редкий
<i>Силикаты</i>			
Эпидот			Редкий
Андалузит		Очень редкий	
Мусковит	Второстепенный		
Биотит	Редкий	Редкий	Редкий
Магнезиально-железистый хлорит	Второстепенный	Второстепенный	Второстепенный
Диопсид			Очень редкий
Хромдиопсид		Очень редкий	
Пироп-альмандин		Очень редкий	
Андрадит		Очень редкий	
Циркон	Редкий	Второстепенный	
Родонит			Очень редкий
Гидрослюды, глауконит и др.			Второстепенные
Энстатит			Редкие включения в магнетите высоких степеней метамор- физма
<i>Легкая фракция</i>			
Халцедон (агат)	Из легкой фракции		
Кварц	Из легкой фракции	Из легкой фракции	
Плагиоклаз		Из легкой фракции	

Примечание: по убыванию встречаемости в составе тяжелой фракции выделены: главные, второстепенные, редкие и очень редкие (для них указано количество знаков) минералы. Кварц и другие помечены как «минералы из легкой фракции»

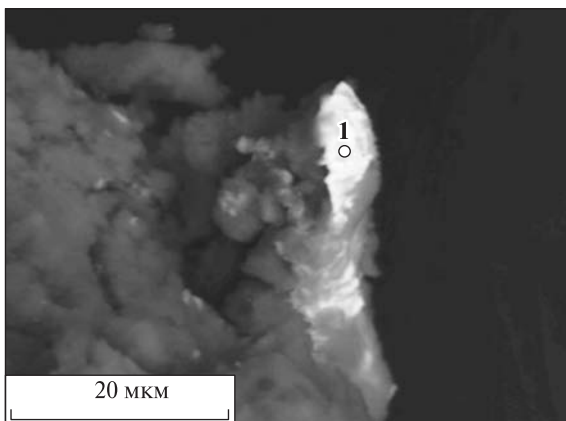
Из сульфидов чаще всего попадает пирит и марказит, однако пирит не столь распространен, как в вулканах суши, встречен, в частности, пирротин. В единичных случаях — халькопирит, галенит, сфалерит, вюртцит. Из жильных минералов зафиксированы находки барита, иногда в сростках с минералами вольфрама.

Общее число обнаруженных на сегодня аксессуарных минералов достигает 60, они весьма важны и симптоматичны для оценки физико-химических параметров их образования. Иными словами, эти минералы могут являться индикаторами

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	12.08	50.45
Ni	3.92	4.46
Cu	19.26	20.25
Ag	10.29	6.37
Au	54.45	18.47
Totals	100.00	

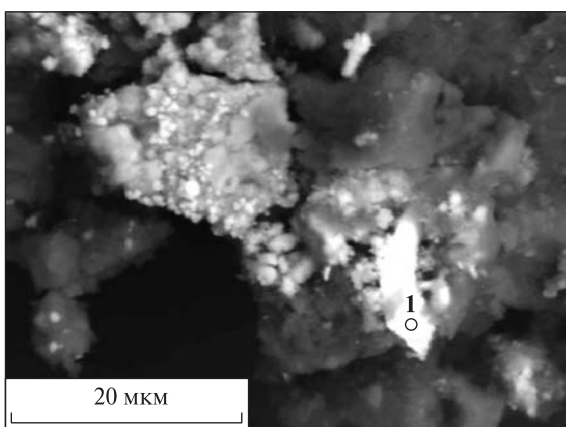
Рис. 6. Медистое золото с примесью серебра и никеля. Грязевой вулкан Южморгео



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	3.68	15.41
Al	1.08	2.68
Si	1.08	2.57
Cu	64.41	67.97
Ag	4.43	2.75
Au	25.33	8.62
Totals	100.00	

Рис. 7. Золотистая медь. Грязевой вулкан Южморгео



развития грязевулканического процесса. По толкованиям словарей иностранных слов, индикатор — это вещество, позволяющее следить за составом среды или за протеканием реакции. В данном случае эти минералы дают возможность наблюдать изменения флюидов, вызывающих грязевулканический процесс.

Из трех изученных вулканов наибольший минералогический интерес представляет грязевой вулкан Южморгео. В сопочной брекчии этого вулкана выявлено до 40 акцессорных минералов — самородных, сульфидов, оксидов, карбидов, карбонатов, силикатов, сульфатов, фосфатов, арсенатов. В грязевых вулканах МГУ и Тредмар обнаружено 23 и 31 минерал соответственно. В этих оценках возможны, впрочем, элементы случайности при определениях и сбои при обогащении.

Из числа самородных минералов особое внимание привлекает золото.

Золото, найденное в морских грязевых вулканах, необычно. В грязевом вулкане Южморгео в аксессуарах сопочной брекчии встречено самородное золото. Особый интерес представляет медистое золото, содержащее до 20 % меди (рис. 6). В.И. Вернадский, специально изучавший самородные минералы (1913), считает, что медистое золото должно быть выделено как самостоятельный минерал. В его работе приводятся данные опытов Н. Курнакова и С. Жемчужного, показавших, что золото и медь дают сплавы во всех пропорциях. Эту мысль как бы подтверждают данные наших исследований, в процессе которых удалось встретить медь золотистую — медь с содержанием золота до 25 % — в том же грязевом вулкане (рис. 7).

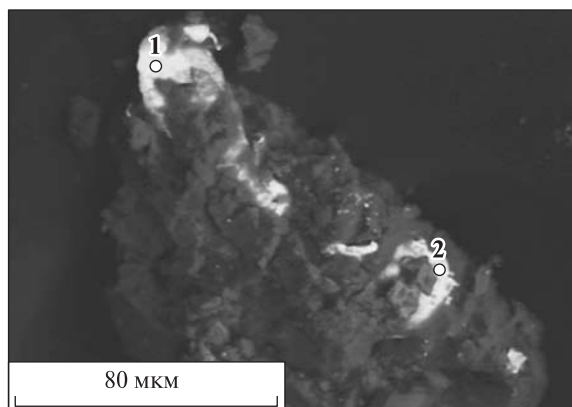


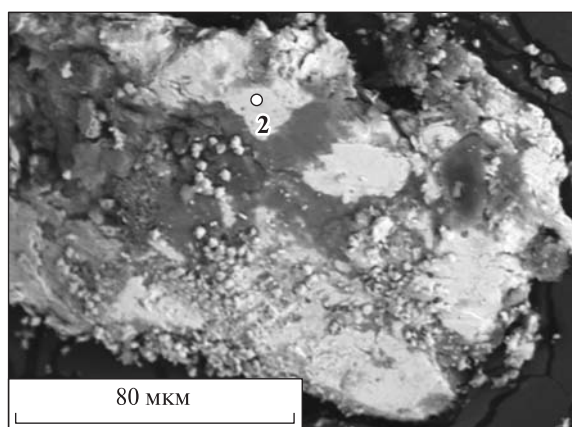
Рис. 8. Золото с примесью меди, серебра, никеля, палладия. Грязевой вулкан Южморгео

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	3.78	23.28
Ni	2.66	4.46
Cl	16.97	26.35
Zn	1.75	2.64
Ag	13.96	12.77
Au	60.89	30.50
Totals	100.00	

Spectrum 2

Element	Weight, %	Atomic, %
O	7.92	39.55
Ni	4.37	5.94
Cu	16.86	21.20
Pd	3.83	2.88
Ag	9.63	7.13
Au	57.40	23.29
Totals	100.00	



Spectrum 2

Element	Weight, %	Atomic, %
Cu	100.00	100.00
Ag	0.00	0.00
Totals	100.00	

Рис. 9. Пластинка самородной меди в «рубашке» из глинистых минералов. Грязевой вулкан Южморгео

Визуальному изучению эти минералы недоступны: их индивиды слишком мелкие, в лучшем случае их можно наблюдать под бинокляром. Размеры их изменяются от десятых до сотых и даже тысячных долей мм.

Попадались золотишки (в том же вулкане Южморгео), содержащие примеси не только меди, но и некоторых других элементов, о которых упоминал В.И.Вернадский, — Ag, Pd, Zn, Ni, причем, скажем, серебра достаточно много — порядка 9,6—14 % (рис. 8).

Самородная медь и минералы меди распространены преимущественно в грязевом вулкане Южморгео, лишь халькопирит изредка наблюдался в тяжелой фракции вулкана Тредмар. В Южморгео встречены самородная медь (рис. 9, 10), медь с примесью золота и серебра (см. рис. 7), иногда с примесью цинка до 0,85 %,

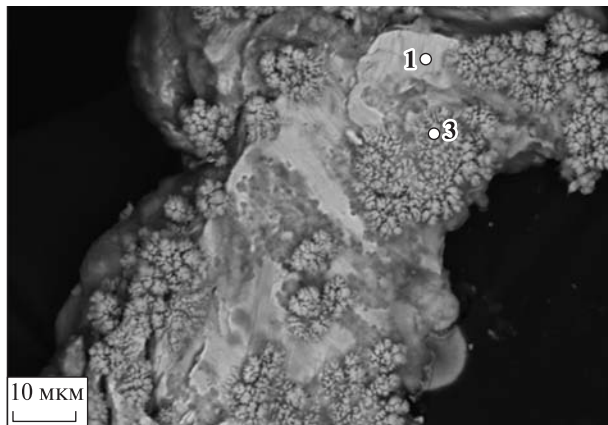


Рис. 10. Самородная медь с выцветами вторичного куприта. Грязевой вулкан Южморгео

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
Cu	92.29	94.19
O	7.46	5.71
S	0.25	0.10
Totals	100.00	

Spectrum 3

Element	Weight, %	Atomic, %
Cu	89.67	92.18
O	9.90	7.64
Al	0.09	0
Si	0.13	0.06
S	0.21	0.08
Totals	100.00	

Spectrum 2

Element	Weight, %	Atomic, %
O	7.87	20.87
Al	2.10	3.30
Si	1.76	2.65
S	19.01	25.17
Cl	1.50	1.79
Fe	10.25	7.79
Cu	57.51	38.42
Totals	100.00	



Рис. 11. Выделения борнита. Грязевой вулкан Южморгео

Spectrum 2

Element	Weight, %	Atomic, %
O	5.64	15.49
Al	0.89	1.46
S	27.20	37.26
Cu	66.26	45.80
Totals	100.00	

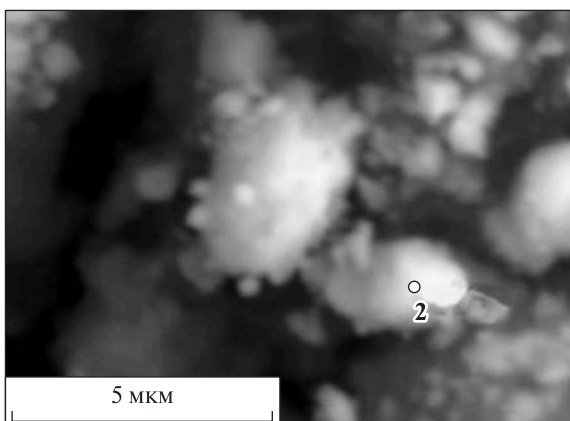
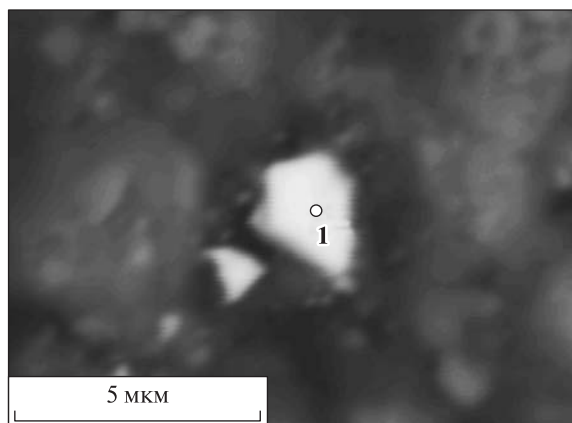


Рис. 12. Округлые, как бы оплавленные образования ковеллина. Вероятна примесь куприта. Грязевой вулкан Южморгео



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	20.39	73.41
Al	0.62	1.33
Fe	4.38	4.52
Pb	74.60	20.74
Totals	100.00	

Рис. 13. Самородный свинец с примесью массикотита (PbO)

сульфиды меди — борнит (рис. 11), халькопирит, кубанит, ковеллин (рис. 12), куприт (см. рис. 10), тенорит. Медная минерализация в этом вулкане богата и стоит несколько особняком. Минералогически разнообразные выделения меди часто собраны в единых агрегатах. Так, на рис. 10 видны выделения самородной меди, как бы выцветы куприта.

Борнит слагает иногда коломорфные образования, халькопирит — мелкие выделения неправильной формы и т.д. Они явно образовывались в брекчии грязевого вулкана.

Самородный свинец, частично с примесью его оксида — массикотита — образует небольшие, до 10 мкм, угловатые выделения. Учитывая его мягкость и ковкость, это вряд ли далеко перенесенный минерал россыпей, скорее всего, это свежезошедший обломок или продукт восстановления сульфидов в коренных условиях. Очень редкий минерал. По мнению В.И. Вернадского (1913), в россыпях свинец часто ассоциирует с самородными золотом, железом, платиной. Он считает, что свинец, встреченный в коренных месторождениях, химически почти чист. В нашем случае свинец содержит примесь Fe и Al. Возможно, это просто загрязнение минерала механическими примесями (рис. 13).

В.И. Вернадский отмечает, что в редких коренных месторождениях для его возникновения необходимы исключительные условия, вызывающие распад свинцовых соединений. Как правило, самородный свинец сопровождается массикотитом (PbO). При обычном распаде свинцовых соединений самородный свинец не выделяется.

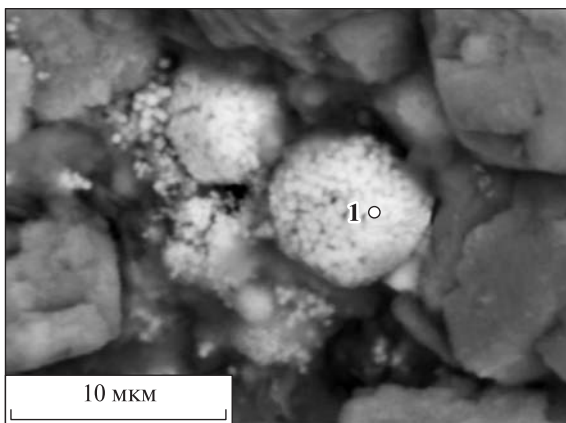
По нашему мнению, мощные флюидные углеводородные потоки с резко выраженной восстановительной средой как раз и создают такие необычные условия.

Самородное железо обнаружено в грязевых вулканах Южморгео и Тредмар.

При этом обнаружены фактически два минерала самородного железа — феррит и камасит. К первому В.И. Вернадский относит самородное железо, содержащее до 0,6 % Ni (рис. 14, 15). Ко второму — более обогащенные Ni разности. В нашем случае к минералу камаситу относится самородное железо, содержащее 2,14 % Ni (рис. 16).

Предполагается, что никель образует твердый раствор с железом. В.И. Вернадский отмечает, что формы выделений железа разнообразны. Часто железо имеет случайную форму, заполняя пустоты между силикатами в магматических породах.

Рис. 14. Мелкие (до 5 мкм) скелетные кристаллы металлического железа. Основная масса — феррит. Наличие O свидетельствует о возможной примеси вюстита (FeO), S — возможная примесь сульфидов железа, Si, Al, O силикатная матрица. Грязевой вулкан Южморгео



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	8.22	23.02
Al	1.28	2.12
Si	2.26	3.60

Element	Weight, %	Atomic, %
S	0.77	1.08
Fe	87.47	70.17
Totals	100.00	

Spectrum 2

Element	Weight, %	Atomic, %
Mg	0.82	1.68
Al	1.27	2.36
S	12.39	19.33
Fe	85.52	76.63
Totals	100.00	

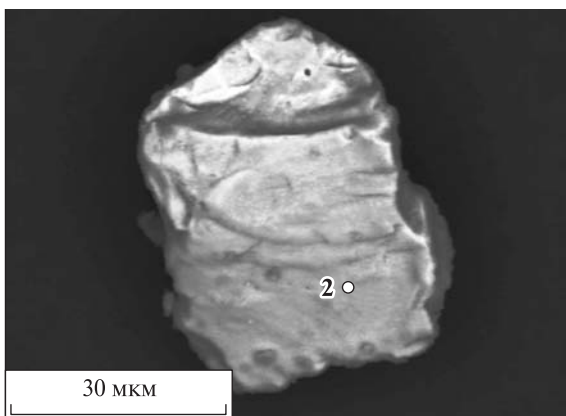


Рис. 15. Самородное железо с примесью FeS (характерный признак ультрабазитов). Грязевой вулкан Южморгео

Spectrum 2

Element	Weight, %	Atomic, %
O	2.81	8.21
Si	0.87	1.45
S	16.03	23.34
Fe	78.15	65.31
Ni	2.14	1.70
Totals	100.00	

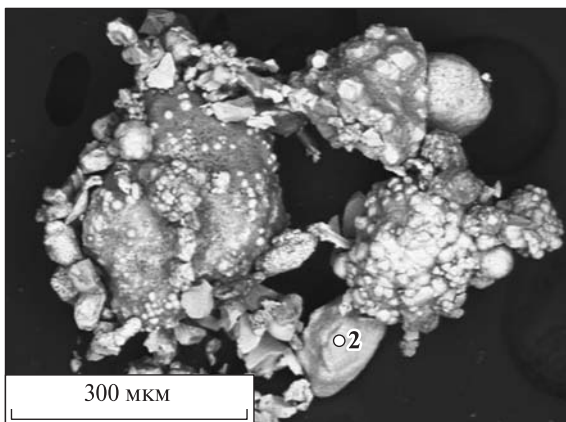


Рис. 16. Никелистое самородное железо — камасит с примесью сульфидов железа. Грязевой вулкан Тредмар

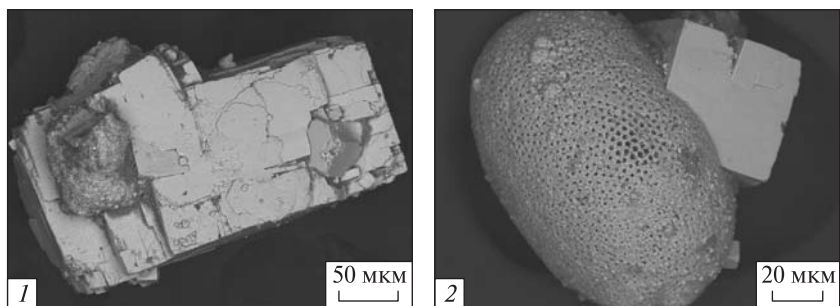
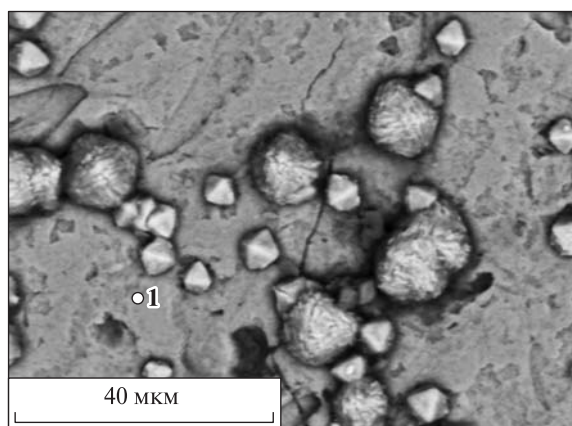


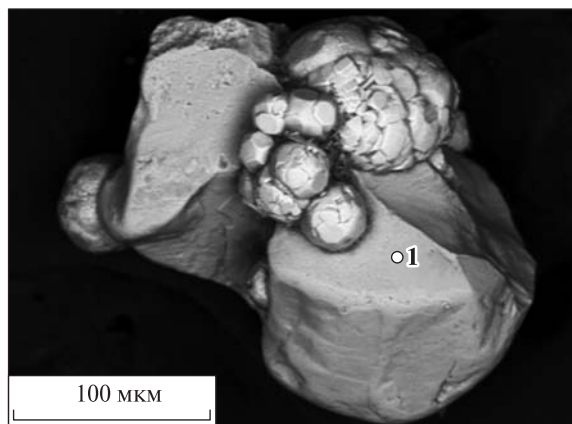
Рис. 17. Кристалл пирита (1) и сросток пирита с биоморфозой (2). Грязевой вулкан МГУ



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	38.83	66.40
Al	0.41	0.42
Si	0.46	0.45
S	0.53	0.45
Ti	36.97	21.12
Fe	22.81	11.47
Totals	100.00	

Рис. 18. Обрастания кристаллов ильменита мелкими октаэдрами пирита. Грязевой вулкан Тредмар



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	41.71	69.46
Ti	34.39	19.13
Mn	1.12	0.54
Fe	22.77	10.86
Totals	100.00	

Рис. 19. Обрастание ильменита фрамбоидальным пиритом. Грязевой вулкан Тредмар

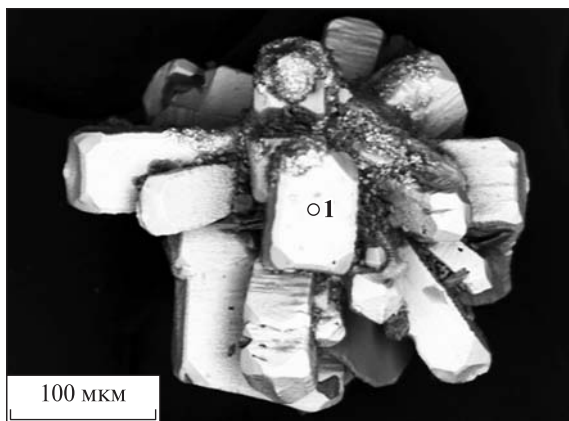
Характерны для природного самородного железа формы шаровых, иногда микроскопически мелких (до 0,4 мм) круглых конкреций, часто целиком состоящих из железа, нередко образующие пленки на конкрециях кремнезема (см. рис. 14).

В.И. Вернадский подчеркивает, что образование самородного железа из химических соединений — окислов или сульфидов — происходит при исключительных обстоятельствах, например, при пожарах каменноугольных залежей или при гниении органики.

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
S	56.05	68.93
Mn	2.32	1.66
Fe	41.64	29.40
Totals	100.00	

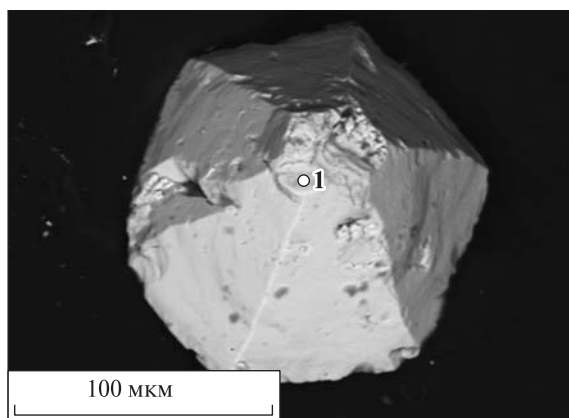
Рис. 20. Радиально лучистый агрегат марказита с присыпкой мелкозернистого пирротина (?). Грязевой вулкан Тредмар



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
S	39.20	56.22
Fe	2.44	2.03
Zn	58.36	41.35
Totals	100.00	

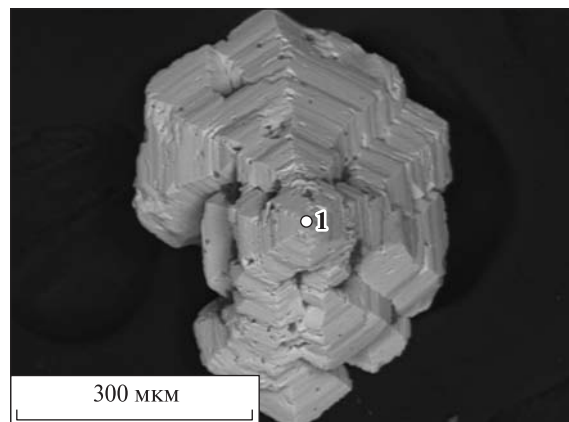
Рис. 21. Гексагонально-пирамидальный кристалл вюртцита. Грязевой вулкан МГУ



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	4.90	13.63
S	29.45	40.87
Fe	4.95	3.94
Cu	12.07	8.45
Zn	48.64	33.11
Totals	100.00	

Рис. 22. Скелетный кристалл вюртцита. Грязевой вулкан Тредмар



Во времена В.И. Вернадского возможные воздействия плюмов углеводородных газов не рассматривались. Вероятно, воздействие таких плюмов на сульфиды (пирит), магнетит, гидроксиды железа, сидерит и приводит к появлению самородного железа.

Как видим, в составе сопочной брекчии грязевых вулканов Западно-Черноморской впадины тяжелая фракция необычно обогащена самородными минералами. Это обстоятельство однозначно указывает на восстановительный характер

флюидов, породивших сопочную брекчию. Такого рода образования среди осадочных пород, как правило, отсутствуют.

Сульфиды также многочисленны как по количеству минералогических находок, так и по видовому составу.

Среди них преобладают сульфиды железа — пирит и марказит. К слову, пирит в сопочной брекчии морских грязевых вулканов встречается реже, чем в керченских вулканах. Чаще всего кристаллы пирита имеют кубический или октаэдрический облик. На хорошо выраженных кристаллах наблюдаются антискелетные формы роста. На гранях центральные части как бы выше периферийных. Видны сростки пирита с биологическими объектами. Размеры кристаллов — доли мм (рис. 17, а, б).

Наблюдалось обрастание кристаллов ильменита мелкими октаэдрами пирита (рис. 18). Иногда ильменит обрастал не кристаллами, а округлыми формами, напоминающими фрамбоиды (рис. 19).

Наблюдались радиально-лучистые кристаллы марказита с присыпкой пирротина (рис. 20). Встречались разнообразные биоморфозы сульфидов железа.

Разнообразные сульфиды меди установлены в сростках с самородной медью, поэтому они уже рассмотрены выше.

Встречаются сульфиды цинка. Чаще всего среди находок попадает железистый вюртцит. Он образует хорошо выраженные гексагонпирамидальные кристаллы (рис. 21), скелетные кристаллы (рис. 22). Размеры кристаллов 0,15—0,4 мм. Иногда это мелкие (первые микроны) ксеноморфные угловатые выделения, сложенные сфалеритом.

Судя по нередкому развитию кристаллографических форм, можно предполагать новообразования сульфида цинка в грязевулканическом потоке.

Минералы класса оксидов не редки в составе тяжелой фракции сопочной брекчии. Небезынтересны находки именно высокотемпературных оксидов, образующихся в условиях высоких давлений, причем минералы оксиды зачастую сохраняют кристаллографические формы. К ним относится, например, железистый хромит, имеющий форму октаэдра с растворенными вершинами (рис. 23); крупный обломок хромпикотита (рис. 24), обломок высокожелезистого хромита (рис. 25). Найден обломок стекловатой породы ультраосновного состава, в котором выделяются многочисленные скелетные порфиновые кристаллы хромита (рис. 26).

Из других оксидов железа нельзя не упомянуть магнетит, перовскит CaTiO_3 . Наблюдался скелетный кристалл перовскита, который от стехиометрического оригинала отличается меньшим содержанием титана и светло-зеленой окраской (рис. 27). Обычный перовскит имеет красно-бурый, желтый цвет. Это типичный минерал кимберлитов и других основных пород.

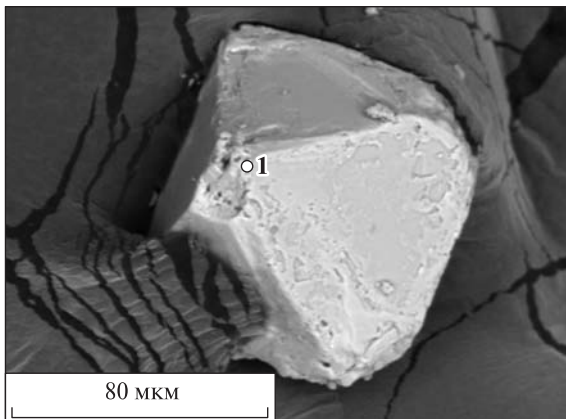
Наблюдался сагенит — сетчатые двойниковые сростания рутила (рис. 28) и довольно хорошо окристаллизованный корунд, образующий индивиды в виде плохо выраженной бипирамиды (рис. 29). Корунд характерен для месторождений, залегающих в несиликатных или бедных кремнеземом ультраосновных, основных, щелочных и нефелиновых породах. (Е.К. Лазаренко, 1970).

Силикаты довольно часто встречаются среди акцессорных минералов грязевых вулканов Черного моря, но содержания их, как правило, невелики. Это второстепенные или редкие минералы. Среди них зафиксированы полевые шпаты, мусковит, биотит, диопсид, энстатит, гранаты (пироп-альмандин, андрадит), гидро-

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	48.37	73.03
Mg	2.12	2.11
Al	5.38	4.81
Si	0.40	0.34
Cr	24.77	11.51
Fe	18.96	8.20
Totals	100.00	

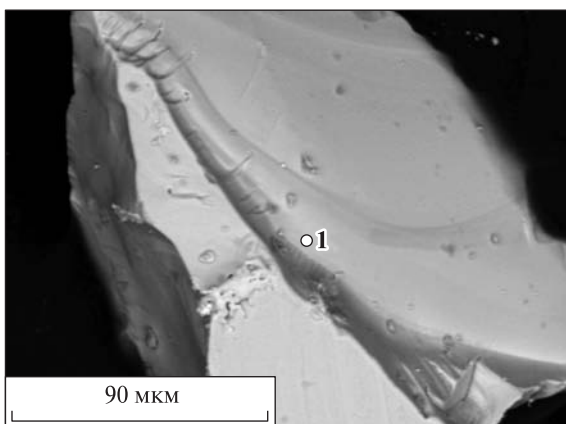
Рис. 23. Октаэдрический кристалл хромита с растворенными вершинами. Грязевой вулкан МГУ



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	33.14	57.80
Mg	6.15	7.06
Al	6.11	6.32
Cr	41.64	22.35
Fe	12.36	6.48
Totals	100.00	

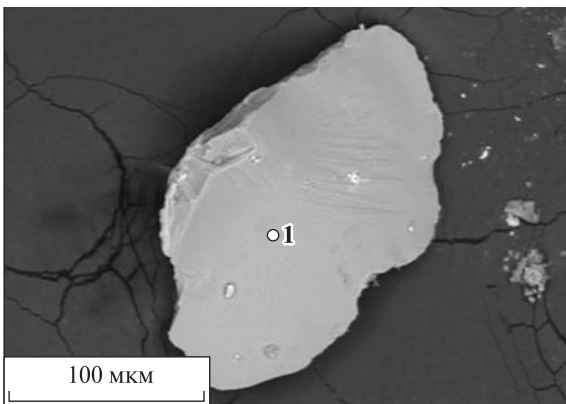
Рис. 24. Обломок крупного кристалла хромпикотита. Там же



Spectrum 1

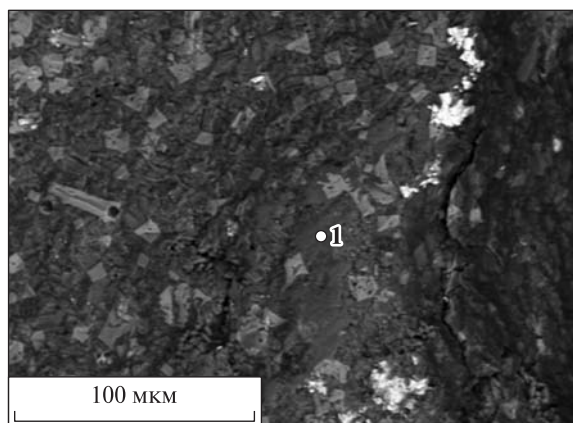
Element	Weight, %	Atomic, %
O	15.06	33.48
Mg	4.73	6.93
Al	9.68	12.76
Cr	40.73	27.86
Fe	29.80	18.98
Totals	100.00	

Рис. 25. Хромшпинелид в виде предположительно обломочного зерна. Там же



слюды, циркон, эпидот, андалузит, родонит и другие. В подавляющем большинстве случаев в составе силикатов преобладают окатанные индивиды минералов, что позволяет рассматривать их как перетолженные терригенные минералы майкопской толщи.

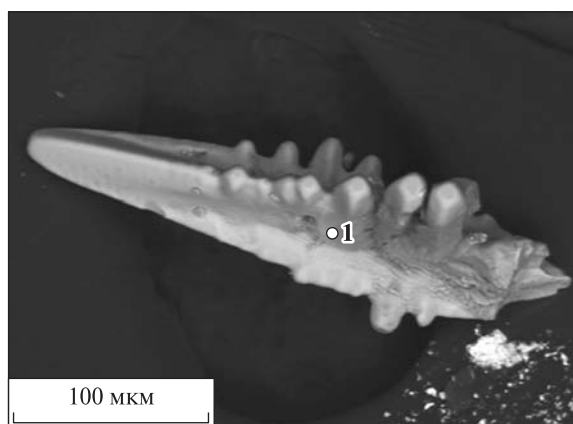
Относительно редки фосфаты в составе аксессуариев. Встречены всего два зерна фторапатита. Одно из них — хорошо выраженный сросток удлинённых кристаллов размерами 0,2 мм — как бы слегка оплавлен, что характерно для



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	43.23	60.76
Mg	6.58	6.08
Al	4.56	3.80
Si	23.89	19.12
Ca	8.40	4.71
Cr	3.13	1.35
Mn	7.41	3.03
Fe	2.80	1.13
Totals	100.00	

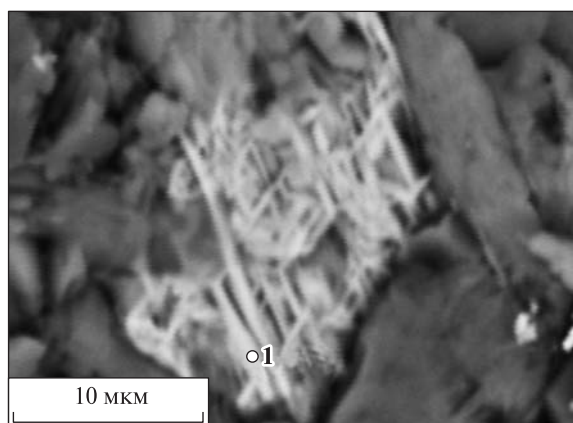
Рис. 26. Скелетные порфировые кристаллы хромита в стекловатой массе ультраосновного состава. Грязевой вулкан Южморгео



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	44.50	67.71
Ca	41.12	24.98
Ti	14.38	7.31
Totals	100.00	

Рис. 27. Сложный сросток кристаллов перовскита. Грязевой вулкан Южморгео



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	44.20	60.76
Al	1.59	69.05
Si	2.99	1.47
K	0.80	2.66
Ti	50.43	0.51
Totals	100.00	26.31

Рис. 28. Сетчатые двойниковые сращения рутила. Грязевой вулкан МГУ

метаморфических пород (А.Г. Бетехтин. 1950). К нему приросли небольшая призма или зерно шеелита (рис. 30).

Другой кристалл — шестигранная призма примерно таких же размеров — характеризуется изъеденностью, протравленностью поверхности граней, что развивается при попадании объекта в чужеродную физико-химическую среду (рис. 31).

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	30.07	42.04
Al	69.93	57.96
Totals	100.00	

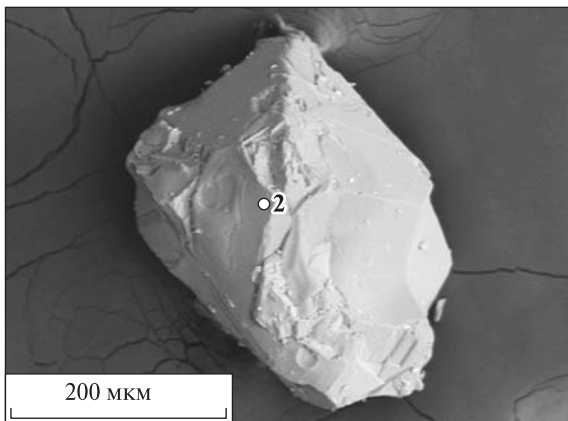


Рис. 29. Корунд (лейкосапфир). Под бинокляром бесцветен и прозрачен. Грязевой вулкан МГУ

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	44.44	62.61
F	6.57	7.79
P	16.88	12.29
S	0.50	0.35
Cl	0.90	0.57
Ca	28.69	16.14
W	2.02	0.25
Totals	100.00	

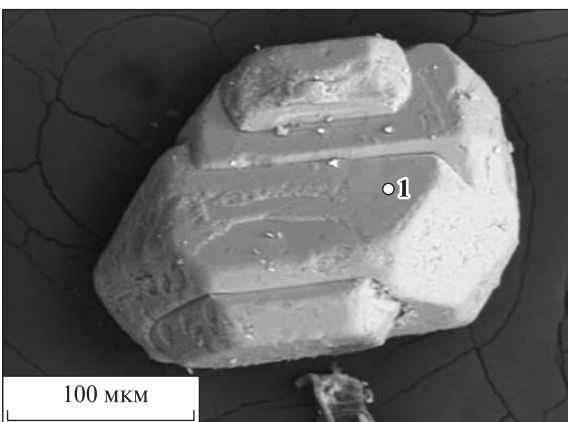


Рис. 30. Гломерокристаллический сросток кристаллов апатита с включением очень мелкого зерна шеелита. Грязевой вулкан МГУ

Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	44.77	61.18
F	9.94	11.44
P	16.70	11.79
Ca	28.58	15.59
Totals	100.00	

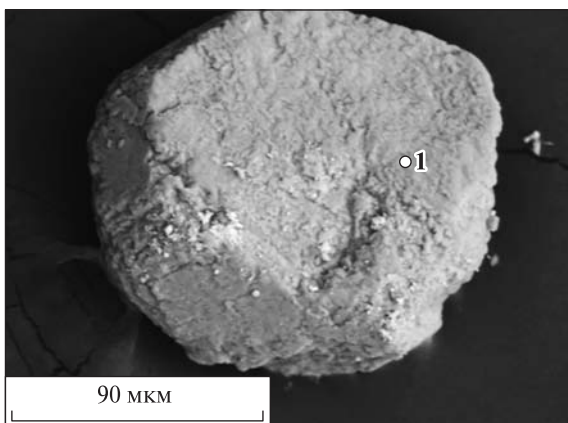
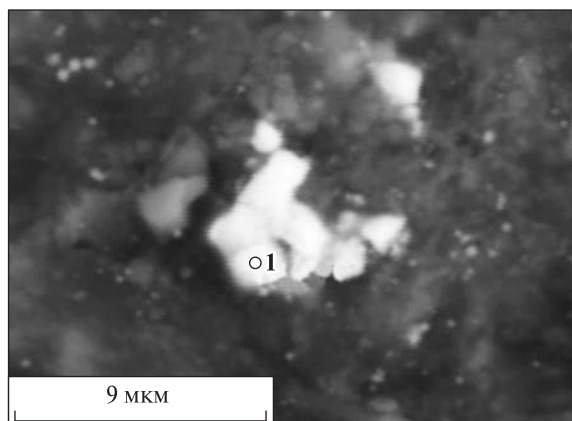


Рис. 31. Изъеденный кристалл апатита. Грязевой вулкан Тредмар

Оба кристалла содержат фтор и в небольшом количестве хлор. Надо полагать, внешний облик кристаллов отражает их условия возникновения и движения в потоке флюидов.

Карбонаты в тяжелой фракции сопочной брекчии морских вулканов немногочисленны. Чаще всего это сидериты обломочного облика, доломит, очень редки смитсонит $ZnCO_3$ (Южморгео), фосгенит $Pb_2(CO_3)Cl$ (Тредмар). В легкой фракции во всех вулканах обычен карбонат кальция.



Spectrum 1

Element	Weight, %	Atomic, %
O	31.26	67.96
Mg	0.65	0.93
Al	0.67	0.86
P	0.91	1.03
S	14.02	15.21
Ca	0.85	0.73
Fe	1.09	0.68
Ba	47.33	11.99
W	3.22	0.61
Totals	100.00	

Рис. 32. Барит, содержащий включение минерала вольфрама. Грязевой вулкан Южморгео

Можно предполагать грязевулканическое происхождение доломита, фосгенита, смитсонита, некоторых карбонатов кальция.

Характерная примета и отличие морских и сухопутных вулканов — в последних несравненно больше карбонатов, они разнообразны по составу, явно аутигенны по облику агрегатов и кристаллов.

Сульфаты в морских вулканах также редки. В керченских вулканах они многочисленны как по видовому составу, так и по частоте встречаемости. В морских грязевых вулканах наблюдались лишь единичные мелкие зерна гипса и барита, причем в виде мелких обломков. Барит можно было бы посчитать гипергенным минералом, если бы в одном из образцов не было сростка его с каким-то минералом вольфрама (рис. 32).

Сопочная брекчия грязевых вулканов Азово-Черноморской провинции — производное мощной, 3—5-километровой глинистой толщи майкопского возраста (N + Pg). Мощные углеводородные флюидные потоки из мантии прорывали палеозойско-мезозойские отложения и, внедрившись в тектонически перемятые в зонах нарушений майкопские глины, увлекли их в своем движении вверх в виде перемятой массы глинисто-обломочного материала — сопочной брекчии. Поэтому, очевидно, все акцессорные минералы майкопских отложений характерны и для сопочной брекчии. Площадь развития майкопских отложений огромна — юго-восток Украины, Северный и Восточный Крым, Северный Кавказ, акватория Черного моря и т.д. Акцессорная минерализация в глинистых толщах майкопа незначительна по содержанию, ее состав может регионально изменяться. Так, для собственно майкопских глинистых толщ Керченского п-ова Я.Е.Пашенко (1960) описывает в числе терригенных минералов алюмосиликаты, дистен, силлиманит, ставролит и др., в тяжелых фракциях — гранат, циркон, магнетит, ильменит и др., В.Н.Скорик, В.В.Байраков (2007), также изучавшие майкопские отложения Керченского п-ова, обратили внимание на прослои и пропластки мелко- и среднезернистых алевролитов. В составе последних найдены кварц, смешаннослойные глинистые минералы, до 10% глауконита, до 10 % олигоклаза, а в тяжелых фракциях — рутил, ильменит, лейкоксен, циркон, турмалин, андалузит, роговая обманка, изредка барит. В знаковых количествах обнаружены самородный алюминий, свинцовый сурик, малахит, рутил.

Другие самородные минералы отсутствуют. Снос основной массы терригенных минералов авторы связывают с Приазовьем.

Стратиграфически соответствующим части майкопа олигоценовым отложениям северо-запада Черного моря посвящены работы Н.Н. Цихоцкой (1985) и Г.В. Ключиной (2006). Работы базируются на данных изучения 35 скважин северо-запада Черного моря на поднятиях Архангельского, Голицына, Крымском, Олимпийском, Южно-Голицынском. В олигоценовых глинах и пропластках песчаников зафиксированы кварц (до 80 %), полевые шпаты (альбит, ортоклаз, микроклин), мусковит, обломки кремня (легкая фракция), графит, шабазит. В тяжелой фракции, чаще всего алевритовой размерности, найдены обычная роговая обманка, дистен, ильменит, турмалин, лейкоксен, гранат, циркон, рутил, эпидот, сфен, апатит, реже биотит, клиноцоизит, анатаз, силлиманит, ставролит, гематит, ромбические пироксены, хромит, шпинель, корунд, единичные зерна муассонита. Из аутигенных минералов попадают пирит, сидерит, кальцит, глауконит, минералы кремнезема, лимонит, колофан, цеолит. Глинистые минералы — монтмориллонит, гидрослюда, каолинит, хлорит.

Как видим, терригенные минералы слагают широкую минеральную гамму, в которой наиболее ярко звучат именно силикаты, в меньшей мере оксиды. Большая, очевидно даже подавляющая часть силикатов заимствована из майкопских глин. Вероятные минералы-новообразования силикатного состава — продукты возможного плавления сопочной брекчии — в прорывающем майкопскую толщу флюидном потоке пока не диагностированы. Вероятно, они не обособлены от оплавленных в разной степени частиц сопочной брекчии. По данным Э.В. Сокол и др. в изученных продуктах обжига взрывававшихся и горевших грязевых вулканов установлены кислые силикатные стекла, клинопироксен, кордиерит, муллит, а также тридимит и кристобалит (Е.Ф. Шнюков, Э.В. Сокол и др., 2009). Надо полагать, оплавленные частицы сопочной брекчии близки им по составу.

В составе вновь обнаруженных акцессорных минералов наибольший интерес представляют самородные минералы, сульфиды, ряд высокотемпературных и закисных оксидов, карбиды. Всех этих минералов практически нет в составе терригенного комплекса майкопа.

Идет ли речь о самородном железе, или о самородном свинце, или о самородном цинке — везде В.И. Вернадский (1913) пишет о чрезвычайных условиях их возникновения. Это же можно сказать и о таких минералах, как вюстит, когенит и ряде других.

По нашему мнению, чрезвычайными являются условия мантийных углеводородных плюмов (П.Н. Кропоткин, Б.М. Валяев, 1984). Некоторое представление о них дает искусственный плюм, имевший место в 2013 г. в Мексиканском заливе (Н.А. Жарвин, 2013). По данным Н.А. Жарвина, глубина пробуренной компанией «ВР» скважины на платформе «Макондо» достигала объявленных не 5,6 км, а, как писалось за месяц до катастрофы, 11,2 км. На этой глубине бур достиг «астеносферной нефти», что вызвало катастрофический выброс нефтяных газов и нефти. Две автоматических задвижки, рассчитанные на 700 атм, были прорваны мгновенно. Давление газов намного превышало 700 атм.

В грязевых вулканах практически все авторы предполагают высокое давление — до 300—400 атм. Как видим, давления в момент мантийных выбросов могут достигать колоссальных значений, гораздо больше предполагавшихся в грязевых вулканах. Что

касается температур, то наличие оплавленных частиц в сопочной брекчии уже говорит о значениях свыше тысячи градусов. Высокотемпературными являются многие самородные минералы (железо, медистое золото и др.). Грязевые вулканы — это структуры, которые возникают под действием мантийных углеводородных плюмов.

Именно в условиях высоких давлений и температур и восстановительной среды мантийного плюма вероятно возникновение многих высокотемпературных и высокобарических минералов, в частности, самородных минералов, сульфидов, некоторых оксидов, карбидов.

В Черном море такого рода плюм наблюдался недавно — в 2002—2003 годах на вулкане Двуреченского. Газовый фонтан достигал здесь высоты 850 м над дном при диаметре струй до 400 м, температура сопочной брекчии — 16—20 °С при температуре донного ила около 8 °С (данные отечественных и немецких геофизиков).

Известно еще одно подобное событие, датированное 63 г. до н.э. Газовый плюм в районе Керченского пролива был спровоцирован землетрясением. По словам историков «море горело и взыграло, обрушившись великими волнами на побитые города и села (Е.Ф. Шнюков, В.П. Коболев, А.А. Пасынков, 2013, и др.). Очевидно, это внешнее проявление глубинных процессов в недрах.

По мере подъема параметры плюмов (t и давление) должны снижаться. Как пишет Ю.И. Пиковский (2002), мантийные плюмы инициируют и питают энергией корни флюидных потоков. «Флюидные плюмы — это однофазные в надкритическом (выше 300—400 °С) состоянии существенно водные растворы, включающие щелочные металлы, летучие кислоты, галоиды, CO_2 , CO , CnHm , H_2 , N_2 , H_2S , He и другие химические элементы». Состав флюидного плюма определяется составом мантийного плюма и его дефлюидизацией. при этом восходящее движение плюма носит пульсационный характер.

Во многих случаях новообразованиями в сопочной брекчии являются карбонаты и сульфаты. Это особенно хорошо прослеживается на грязевых вулканах Керченского полуострова.

Выводы

Как видим, новые возможности минералогического исследования, создаваемые использованием микроанализатора, дают перспективу дальнейшего расширения списка минералов, являющихся индикаторами грязевулканического процесса, что позволяет иначе толковать развитие грязевых вулканов.

С другой стороны, новые представления об углеводородной дегазации Земли, существовании своего рода столбов дегазации, о мантийных источниках углеводородных флюидов позволяют рассматривать грязевые вулканы как своего рода прообраз столбов дегазации (П.Н. Кропоткин, Б.М. Валяев, 1984). Исходя из этих соображений, можно предполагать воздействие флюидов на осадочную толщу, осаждение в ней компонентов газового флюида, геохимическое обеднение флюида исходными элементами и, наоборот, обогащение элементами прорываемой толщи.

Находки угля, известняков, магнетитовых кварцитов (?) предположительно свидетельствуют о прорыве флюидными струями из мантии достаточно древних толщ — от докембрия до средней юры.

Наличие оплавленных обломков сопочной брекчии, измененных частиц брекчии позволяет предполагать внедрение и воздействие углеводородных флюидов на глиняную брекчию майкопской толщи.

Широкое развитие самородных минералов (золото, медистое золото, медь, свинец, минералы самородного железа — феррит и камасит, закись железа — вюстит, сера) свидетельствует о мощном восстановительном воздействии флюидов, что отвечает выдвигаемым представлениям.

Многочисленные сульфиды, развитые в грязевулканической брекчии, не характерны для осадочного процесса и свидетельствуют скорее о возникновении в грязевулканическом процессе.

Найденные оксиды образуются в высокотемпературных и высокобарических условиях, большинство скорее всего связано с ультраосновными и основными породами. Их генетическая позиция пока неясна; весьма возможно, что они вынесены из прорванных флюидами пород.

Довольно многочисленные находки силикатов носят обломочный характер и скорее всего заимствованы из майкопской толщи.

Наиболее низкотемпературные сульфиды — киноварь, реальгар, аурипигмент, — встречены в грязевых вулканах Керченско-Таманской области, не обнаружены в морских грязевых вулканах, хотя содержания ртути в воде возле грязевых вулканов заметно повышено (В.Н. Егоров и др., 2011).

В морских грязевых вулканах почти не наблюдались аутигенные карбонаты и сульфаты, характерные для грязевых вулканов Керченско-Таманской области.

Эти различия можно объяснить геологическими позициями грязевых вулканов Керченско-Таманской области и Западно-Черноморской впадины, где сосредоточены изученные морские вулканы. В последней граница Мохо расположена, по данным В.И. Старостенко и др. (2004), всего на глубинах 19—20 км, тогда как на Керченском п-ове — на глубинах 43—45 км. Поэтому в последнем случае и удастся наблюдать наиболее низкотемпературную стадию развития флюидных потоков, к тому же уже обогащенных кислородом.

Очевидно, судя по наличию низкотемпературных сульфидов, процесс минералообразования был растянут во времени и продолжался по мере падения температур и давления достаточно долго.

В целом можно констатировать, что весь комплекс отмеченных петрографических и минералогических особенностей акцессорной минерализации грязевых вулканов Черного моря как бы дает многие дополнительные аргументы в пользу признания вероятного воздействия мантийных газовых флюидов и выноса продуктов этого воздействия в процессе развития грязевых вулканов.

Авторы благодарят А.А. Парышева, М.А. Деяка, Р.И. Федчука за всестороннюю помощь, Е.Я. Нетребскую — за предоставление сейсмического разреза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельник В.И., Цихоцкая Н.Н. Литология палеогеновых отложений / Геология шельфа УССР. Гл. редактор В.И. Мельник. — К.: Наук. думка, 1985. — С. 47—73.
2. Кропоткин П.Н. Валяев Б.М. Геодинамика грязевулканической деятельности / Геология и геохимические основы поисков нефти. — К.: Наук. думка, 1984. — С. 148—178.
3. Кропоткин П.Н. Валяев Б.М. Тектонический контроль процессов дегазации Земли и генезис углеводородов / Тр. XXVII Геол. конгресса. — Т. 13. — М.: Наука, 1984. — С. 13—25.
4. Вернадский В.И. Опыт описательной минералогии (1913). — Вибрані наукові праці В.І. Вернадського. — К., 2012. — С. 33—242.
5. Жарвин Н.А. Уроки нефтяной катастрофы в Мексиканском заливе // Энергия, экономика, техника, экология. — № 4. — 2013. — С. 63—67.

6. Лазаренко Є.К. Курс мінералогії. — К.: Вища школа, 1970. — 600 с.
7. Егоров В.Н., Артемов Ю.Г., Гулин С.Б. Метановые сипы в Черном море. — Севастополь: Экос-гидрофизика, 2011. — 404 с.
8. Клошина Г.В. Літологічні особливості уламкових порід майкопської серії північно-західного шельфу Чорного моря / Зб. «Літологія, геологія морів та океанів». — Т. 2. — К., 2009. — С. 82—86.
9. Пиковский Ю.И. Флюидные плюмы литосферы как модель нефтегазообразования // Сб. Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений. — М.: Геос, 2002. — С. 254—302.
10. Скорик А.Н., Байраков В.В. Геолого-геохимические особенности алевритов майкопа Керченского полуострова // Доповіді АН УРСР, 2007. — № 10. — С. 112—117.
11. Шнюков Е.Ф., Сокол Э.В., Нигматулина Е.Н., Коржова С.А., Гусаков И.Н. Огненное извержение грязевого вулкана Карабетова гора // Геол. и полезн. ископаемые Мирового океана. — № 4. — 2009. — С. 53—71.
12. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А. Газовый вулканизм Черного моря. — К.: Логос, 2013. — 384 с.
13. Пащенко Я.Е. Палеогеография майкопского бассейна Крима. — К.: Изд-во АН УРСР, 1960. — С. 112.
14. Starostenko V., Buryanov V., Makarenko I., Rusakov O., Stephenson R., Nikishin A., Georgiev G., Gerasimov M., Dimitriu R., Legostaeva O., Pchelarov V., Sava C. Topography of the crust-mantle boundary beneath the Black Sea Basin // Tectonophysics. — 2004. — 381. — P. 211—233.

Статья поступила 23.12.2013

Е.Ф. Шнюков, В.В. Иванченко, В.В. Пермяков

АКЦЕСОРНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ СОПКОВОЇ БРЕКЧІЇ ГРЯЗЬОВИХ ВУЛКАНІВ ЧОРНОГО МОРЯ

Результати мінералогічних досліджень акцесорних мінералів сопкової брекчії грязьових вулканів Чорного моря укладаються в концепцію П.Н. Кропоткіна і Б.М. Валяєва (1984 та ін.) про вуглеводневу дегазацію Землі, мантіїні джерела флюїдів, грязьові вулкани як свого роду труби дегазації. Впливом флюїдів пояснюється виникнення самородних мінералів (золото, мідисте золото, мідь, срібло, сірка, залізо та ін.), сульфідів, карбідів. Природа багатьох оксидів поки не ясна. Переважна більшість силікатів, багато оксидів — уламковий матеріал з майкопської товщі. Частинки порід — юрське вугілля, імовірно залізисті породи, вапняки — вірогідно, винесені грязьовими вулканами з прорваних осадових комплексів, що підтверджує їх глибинне закладання. Наявність дрібних оплавлених частинок глинистих порід пояснюється впливом глибинних флюїдів на глинисті породи, в першу чергу на сопкову брекчію. Карбонати й сульфати — новоутворення верхніх горизонтів, де глибинні флюїди вже містили кисень.

Ключові слова: вулканічна брекчія, самородні мінерали, флюїд, труба дегазації.

E.F. Shnyukov, V.V. Ivanchenko, V.V. Permyakov

ACCESSORY MINERALIZATION OF MUD VOLCANIC BRECCIA IN THE BLACK SEA

The results of mineralogical researches of accessory minerals in breccia of mud volcanoes in the Black sea are laid in conception by P.N. Kropotkin and B.M. Valyaev (1984 and other) about the hydrocarbon outgassing of the Earth, about the mantle sources of fluids, about mud volcanoes as sui generis outgassing tunnels. Influence of fluids explain the origin of native minerals (gold, copper, silver, sulphur, iron and other), sulfide, carbide. Nature of many oxide doesn't clear while. Swinging majority of silicates, many oxides are fragmental material from the Maikop layer. Particles of rocks — Jurassic coals, probably ferruginous rocks, limestones — are probably taken away by mud volcanoes from the broken sedimentary complexes. It confirms that volcanoes are deeply rooted. Shallow fire-polished particles of clayer rocks is affected by deep fluids, primary at breccia. Carbonate and sulfate are new formations in overhead horizons, where deep fluids contained oxygen already.

Key words: volcanoes breccia, native minerals, fluid, outgassing tunnel.