

УДК 551.311.8:549(498)

© Е.Ф. Шнюков¹, Н.С. Панин², К. Дину³, В.А. Кутний¹,
Н.А.Маслаков¹, 2008

¹ Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН
Украины, Киев

² Национальный институт морской геологии и геоэкологии, Бухарест,
Румыния

³ Государственный университет, Бухарест, Румыния

ГАЗОВЫЙ ВУЛКАНИЗМ В РУМЫНИИ

Статья вторая

К минералогии грязевых вулканов Пыклеле Мари и Пыклеле Мичи

Приведены результаты исследований вещественного состава твердых продуктов деятельности грязевых вулканов Пыклеле Мари и Пыклеле Мичи. Выявлены боронистость и ряд ранее не описанных минералов. Румынские вулканы сравниваются с грязевыми вулканами Керченско-Таманского региона.

Многолетние геологические исследования грандиозных грязевых вулканов Румынии, к сожалению, фактически не сопровождались изучением минерального состава грязевулканических образований. Во всяком случае, найти в литературе данных такого рода не удалось.

В этой связи предварительные исследования вещественного состава глинистой составляющей и обломочного материала сопочной брекчии – продуктов грязевулканических процессов, а также их изменений в ходе грязевулканической деятельности были выполнены авторами после посещения грязевых вулканов Пыклеле Мари и Пыклеле Мичи, расположенных на восточном обрамлении Карпатской дуги вблизи г. Берка (рис. 1).

Полное минералогическое изучение грязевых вулканов представляло бы достаточно объемную задачу, ибо тогда необходимо изучить минералогию всего возрастного разнообразия обломочного материала (дакий, понт, мэотис, олигоцен и даже докембрий), а не только своеобразных продуктов грязевулканических процессов. В данном случае такого рода исследования представляются излишними, ибо породы, обломки которых выбрасывают грязевые вулканы, уже изучены при описании соответствующих литологических комплексов, и повторение их лишено смысла. Поэтому в своей работе мы сосредоточились лишь на продуктах специфических грязевулканических процессов – на измененных под воздействием грязевого вулканизма породах и вновь образованных минералах.

Проводилось также выяснение минерального состава той части обломочного материала, где оно облегчает определение возраста исходных пород и источников их выброса, что, в свою очередь, может указывать на глубину корней грязевого вулкана, мощность и длительность его функционирования.

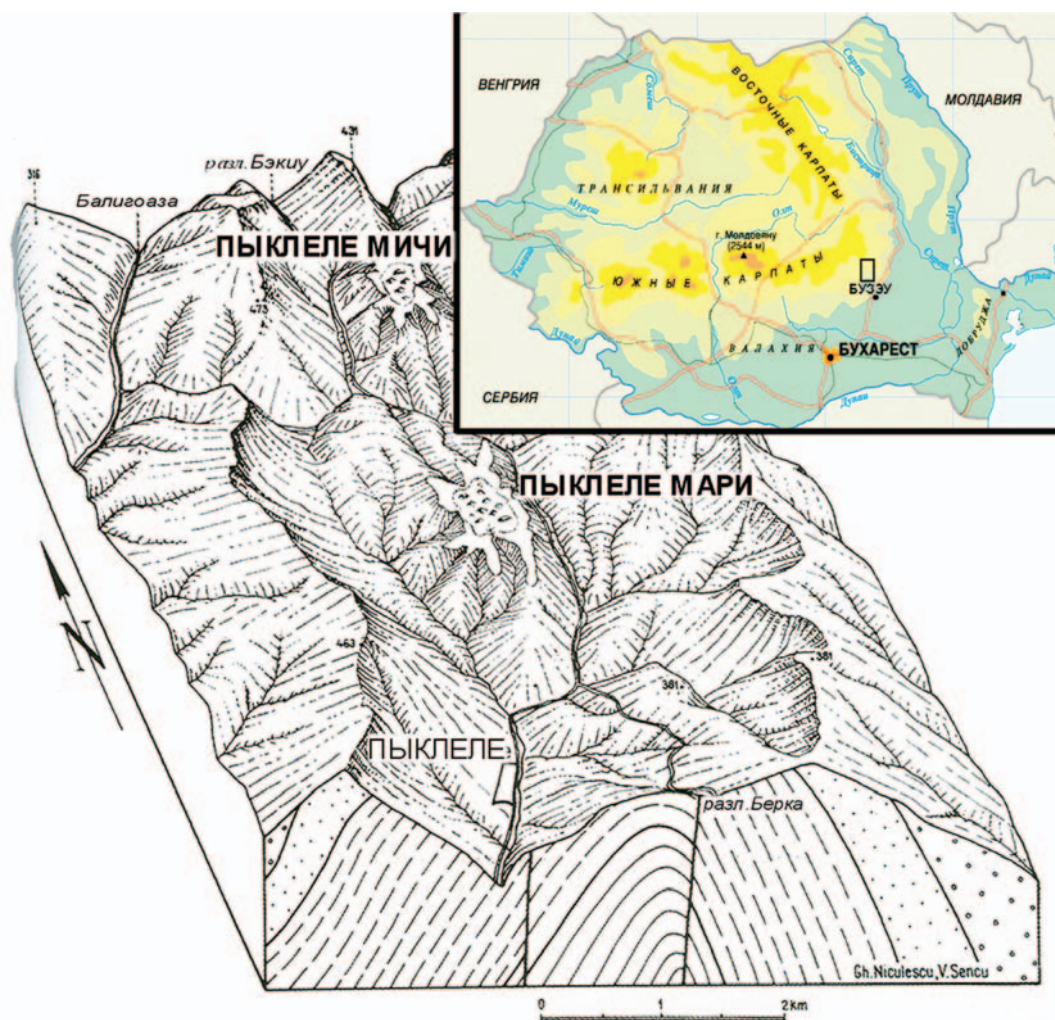


Рис. 1. Грязевые вулканы Пыкклеле Мари и Пыкклеле Мичи [4]

Опираясь на опыт изучения грязевых вулканов Керченского полуострова, можно утверждать, что внимания заслуживают и сезонные минералы – сульфаты, хлориды, бораты, карбонаты, выпадающие из сопочных вод или возникающие в процессе воздействия атмосферных или иных факторов на сопочных отложениях вулканов.

Основная порода, слагающая тела вулканов, – глиняная брекчия – состоит из мелких, размером в первые миллиметры, обломков (катунов, агрегатов) глины в глинистом же цементе с примесью терригенного материала.

Прежде всего изучалась сопочная брекчия жерловой фации, особенно глинистая составляющая – полужидкий глинистый материал. Установлено, что он литологически тождествен и содержит 50-60% фракции менее 0,001 мм. Вещественный состав глин жерловых фаций изучался литологическими, химическими и рентгеновскими методами. Химический состав сопочной брекчии приведен в табл. 1. Наблюдаемую практическую иден-

тичность данных анализа можно объяснить тем, что оба вулкана расположены на одной антиклинальной складке, сложенной одними и теми же сарматскими породами, которые прорываются эруптивными каналами. Кроме того, расстояние между вулканами всего 3 км.

Таблица 1

Химический состав пород жерловой фации

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	ппп	S _{общ}	Σ
Пыкеле Мари	51,72	0,82	12,78	2,18	3,43	0,20	2,64	5,14	3,89	2,36	0,18	1,89	12,26	0,34	99,83
Пыкеле Мичи	51,58	0,78	12,81	2,19	3,58	0,23	2,43	5,31	3,38	2,38	0,20	2,01	12,10	0,32	99,75

Примечание. Здесь и далее химические анализы выполнены в лаборатории химического анализа пород и минералов ИГМР НАН Украины, аналитик О.П. Красюк.

Рентгеноструктурный анализ проводился в двух лабораториях – рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-3 (аналитик Г.И. Сиротенко) и в Лаборатории кристаллохимии и структурного анализа ИГМР НАН Украины на приборе ДРОН-2 (аналитик Е.Е. Гречановская). Минеральный состав исходной сопочной брекчии и фракции менее 0,001 мм приведен в табл. 2.

Таблица 2

Минеральный состав глинистой составляющей сопочной брекчии жерловой фации

Исходная сопочная брекчия			
ДРОН-3		ДРОН-2	
Пыкеле Мари	Пыкеле Мичи	Пыкеле Мари	Пыкеле Мичи
Кварц, полевой шпат, кальцит, группа слюд, каолинит, хлорит	Кварц, полевой шпат, группа слюд, кальцит, каолинит, хлорит	Кальцит, кварц, плагиоклаз, группа слюд, Fe-хлорит	Кварц, плагиоклаз, кальцит, группа слюд, Fe-хлорит
Глинистая фракция менее 0,001 мм			
не определялись	Группа слюд, кварц, хлорит, каолинит, кальцит, полевой шпат	не определялись	Кальцит, гидрослюда, каолинит, кварц

Спектральным анализом, выполненным в лаборатории спектральных методов исследований ИГМР НАН Украины (аналитик А.А. Таращан), выявлены, кроме того, содержания некоторых малых и рассеянных элементов в сопочной брекчии (%): Ni, V, Cr, Zr, Cu, Pb, Ce, La, Li, Ba – сотые доли; Co, Mo, Zn, Ga, Sc, Y – тысячные и Nb, Ag, Bi, Sn, Be, Yb – десяти-тысячные. Содержание бора – от 0,06 до 0,08%.

В составе обломочного материала сопочной брекчии преобладают разновозрастные (сармат, мэотис, понт, дакий, левантин, квартал), достаточно однообразные известняки, сложенные преимущественно кальцитом. Один из найденных на грязевом вулкане Пыкеле Мари обломков визуально напоминал шлак, что позволяло предположить взрывные эпизоды в истории вулкана. Детальное изучение образца показало, что это не шлак, а измененный ноздреватый сульфидизированный раковинный известняк сарматского возраста, местами имеющий оолитовую структуру. Надо пола-

гать, сульфидизация имеет грязевулканическую природу, ибо сульфиды железа очень часто возникают в процессе грязевулканической деятельности. Изучение шлифов и аншлифов позволило наблюдать развитие сульфидов по оолитовым структурам гидрогетитового состава и в межоолитовом пространстве в виде неправильной формы выделений (рис. 2). Исследование сульфидов в аншлифах на электронном зонде JXA-5 ИГМР НАН Украины (аналитик С.Н.Бондаренко) показало, что это пириты почти эталонного состава с незначительными примесями As, Co, Ni (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав пиритов грязевого вулкана Пыккледе Мари

Образец	Fe	Co	Ni	S	As	Σ
а	46,522	0,002	0,014	53,220	0,117	99,875
б	46,255	0,030	0,022	52,879	0,061	99,247

Примечание: образец а – пирит $Fe_{1,002} As_{0,002} S_{1,996}$; образец б - $Fe_{1,002} As_{0,001} S_{1,996}$.

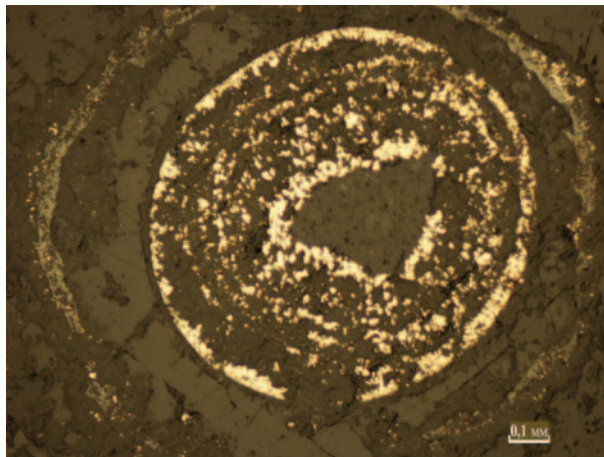


Рис. 2. Пирит из твердых выбросов сопочной брекчии грязевого вулкана Пыккледе Мари

Небезынтересно, что пирит из сопочной брекчии в грязевых вулканах Керченско-Таманского региона также характеризуется постоянным присутствием мышьяка в количестве от 0,04 до 2,63 % (данные 30 анализов).

Кроме пирита на электронном зонде выявлено редкие мелкие (доли миллиметра) зерна железистого ильменита (табл. 4).

Таблица 4

Химический состав железистого ильменита грязевого вулкана Пыккледе Мари

Образец	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Σ
а	29,818	0,477	0,065	0,695	68,414	99,469
б	48,443	0,490	0,045	0,577	48,725	99,280

Примечание: образец а - $(Fe_{1,05} V_{0,02} Mn_{0,01})_{1,08} Ti_{0,95} O_3$; образец б - $(Fe_{0,58} V_{0,02} Mn_{0,01})_{0,61} Ti_{1,2} O_3$.

Надо полагать, ильменит является терригенной примесью, привнесенной из исходных глинистых пород сармата.

В образцах известняков отмечается многочисленная макро- и микрофауна (рис. 3) в виде детрита и обломков раковин *Gastropoda*, *Ostracoda* (в том числе в парных створках), *Foraminifera* (преимущественно из семейства *Miliolidae*). Были определены фораминиферы, присутствующие чаще всего в виде обломков и сильно разрушенных раковин, характерные для сарматских отложений: *Articulina* sp., *Spiroloculina* cf. *kolesnikovi* Bogd., *Spiroloculina* sp., *Elphidium* cf. *fichtellianum* (Orb.), *Elphidium crispum* (L.), *Elphidium* sp. (определение Л.В.Ступиной).

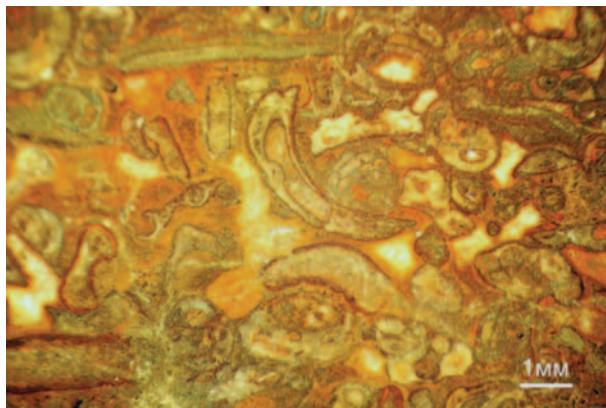


Рис. 3. Известняк с сарматской фауной

Особый интерес вызывают многочисленные обломки кальцитовых жил визуально массивного и поперечноволоконистого сложения (рис. 4, 5). Исследования их проводились на микроанализаторе JSM-606-LA (аналитик Д.П.Деменко). Такого рода обломочный кальцитовый материал наблюдается в отложениях многих вулканов Керченско-Таманского региона, Азербайджана и других районов развития грязевых вулканов и, скорее всего, является продуктом их деятельности.

Спектральным анализом в кальците фиксируется практически один и тот же набор элементов в составе агрегатов поперечноволоконистого сложения и в массивных обломках жил. Спектральным анализом в них установлены (в %): Ва и Се в сотых; Ni, Co, Cr, Mo, Zr, Nb, Zn, Li – в тысячных и Cu, Pb, Ag, Bi, Sc, Y, Yb – в десятитысячных долях. В образцах кальцита также всегда присутствует бор (от 0,06 до 0,2%). Единственное различие – присутствие в массивном кальците до 0,4% марганца, при содержании его в поперечноволоконистом 0,2%.

Для изучения включений в кальците в лаборатории термобарогеохимии при отделе региональной и генетической минералогии ИГМР НАН Украины, аналитик А.А. Кульчицкая, использовались тонкие спайные сколки минерала (фракция 0,5–1,0 мм). Для большей прозрачности их погружали в этиловый спирт или иммерсионную жидкость с $n = 1,5$.

Кристаллы массивного кальцита имеют несовершенный облик, слабо прозрачны, почти не образуют сколы вдоль спайности. В проходящем свете пластинки желтоватые из-за сильного рассеивания света. В скрещенных николях минерал полностью не угасает, интенсивно sdвойникован. Включений мало, их размер колеблется на уровне 1 мкм, они сгруппирова-

ны в параллельные полосы, не совпадающие с направлением спайности или двойникования. Среди них есть твердые анизотропные включения с $n \approx 1,5$ и такого же размера флюидные ($n < 1,5$). Из-за малых размеров определить агрегатный состав флюидных включений не представилось возможным.

При облучении ультрафиолетовыми лучами минерал слабо люминесцирует розово-коричневым цветом, на фоне которого выделяются участки с более интенсивным белым свечением. Участки имеют закругленную форму, размеры – десятки микронов и ничем не выделяются при обычном освещении.

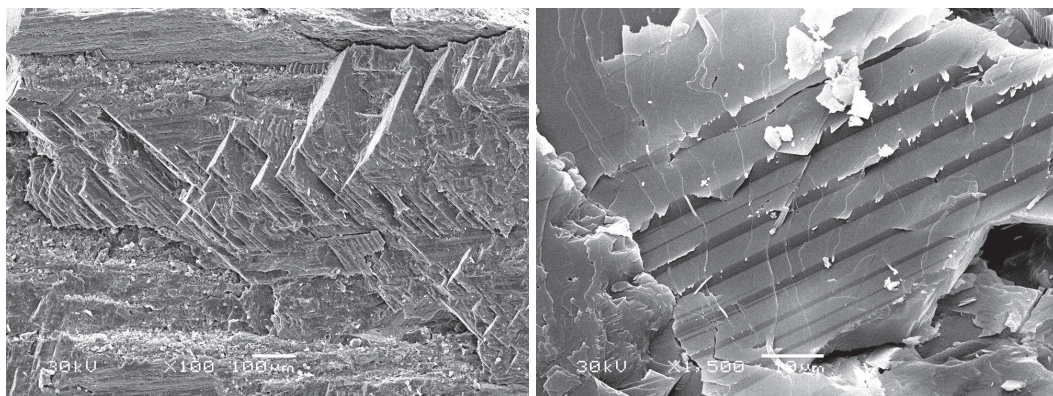


Рис. 4. Массивный жильный кальцит из твердых выбросов грязевого вулкана Пыккле Мичи

Рис. 5. Визуально поперечноволоконистый кальцит из твердых выбросов грязевого вулкана Пыккле Мичи.

Поперечноволоконистый кальцит так выглядит визуально. На самом деле он не волоконистый. При дроблении образует шпатовые сколки хорошей прозрачности. На прозрачном фоне выделяются полосы и рои включений, белые в отраженном свете и почти черные в проходящем (из-за полного внутреннего отражения). Полосы и рои – это или группы микроскопических включений, или каналоподобные включения, достигающие в длину 100 мкм. Эти включения характеризуются неровными стенками, к тому же покрытыми минеральными фазами. Поэтому не всегда удастся определить: это одно большое или агрегат микроскопических включений, сгруппированных в узкие полосы. Большие каналобразные включения располагаются в кристалле параллельно, подчеркивая зоны роста кальцита. Вне сомнения – это первичные включения, наиболее вероятно заполненные водным раствором. Все они однофазные. Ни в одном из включений не отмечены газовые пузырьки, так что среда образования кальцита была низкотемпературной. Принято считать, что в таком случае температура не превышала 40 °С. Принимая во внимание сложности зарождения газового пузырька во включениях небольшого размера, верхнюю границу захвата включений можно отодвинуть максимум до 70 °С.

Вокруг каналобразных включений и вне связи с ними встречаются единичные включения изометричной формы, максимальный размер которых не превышает 2 мкм. При комнатной температуре в них просматрива-

ется быстро передвигающийся газовый пузырек, который, по всей видимости, представляет собой газообразный CO_2 вблизи галогенизации с жидким CO_2 (рис. 6). Эти включения интерпретированы как включения жидкого CO_2 , плотность которого несколько ниже критической (0,4), но не более $0,7 \text{ г/см}^3$, т.е. давление флюида в среде образования кальцита превышало критическое для CO_2 (7,3 МПа) и могло достигать 10 МПа (100 атм.) и даже больше, если температура превышала $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

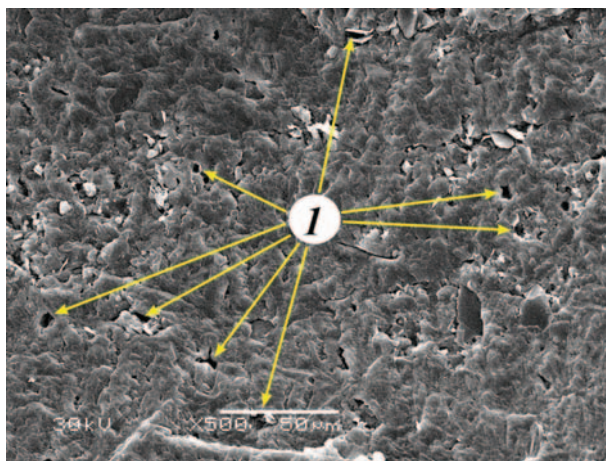


Рис. 6. Поры раскрытых газожидких включений (1) в кальците грязевого вулкана Пыклеле Мичи

При облучении ультрафиолетовыми лучами одни выколки из данного образца кальцита слабо люминесцируют голубовато-белесым цветом, на фоне которого выделяются полосы с включениями, которые люминесцируют в песочных тонах. Другие сколки кальцита из этой же пробы характеризуются заметно более интенсивным желто-коричневым свечением в ультрафиолете.

Полученные данные свидетельствуют, что кальциты образовались в низкотемпературных гидротермальных условиях. Наличие люминесценции объясняется присутствием марганца.

Кальцит является наиболее благоприятным объектом для термобарических исследований, поскольку часто встречается в грязевулканических отложениях. Изучение кальцита, включающее его температурные и геохимические исследования, позволяет выявить ряд физических и химических параметров минералообразующего процесса при грязевулканической деятельности [1].

Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона развиты на майкопских отложениях, в разрезе которых фиксируются обогащенные сидеритом конкреционные горизонты. В обломочном материале, выброшенном грязевыми вулканами, многочисленны сидеритовые конкреции и их обломки.

Грязевые вулканы Пыклеле Мари и Пыклеле Мичи формируются на глинистых толщах сармата. В их обломочном материале встречаются, хотя и реже, обломки карбонатных конкреций. Иногда эти обломки достигают размеров 20 см, ожелезнены с поверхности, часто имеют темно-серую афа-

нитовую структуру в изломе. Первоначально они по полевым наблюдениям и по аналогии с грязевыми вулканами Керченского полуострова были приняты за сидериты. Детальное лабораторное изучение показало ошибочность полевой диагностики. Выяснилось их минеральное разнообразие. Часть обломков, окисленных с поверхности, оказалась марганцовистым анкеритом, что подтвердили рентгеновские определения на дифрактометре ДРОН-3 и химические исследования.

Спектральным анализом в образце определены, %: Mn >1, Ti, В – десятые доли; Ва – сотые; V, Ni, Co, Cr, Zr, Mo, Nb, Cu, Pb, Ag, Bi, Zn, Sn, Ga, Be, Sc, Y, Yb, Li – тысячные.

Другой обломок, внешне похожий на сидерит, оказался доломитом. Спектральным анализом в доломите определены Al, Mg, Ca, Fe – от 3 до 5%; Mn – около 1%, P – десятые доли; Ti, Ва – сотые; V, Cr, Ge, Zr, Cu, Pb, Zn, Y, Li – тысячные; Nb, Bi, Sn, Ga, Be, Yb – менее тысячной.

Результаты анализов приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Химический состав марганцовистого анкерита и доломита из сопочной брекчии грязевого вулкана Пыккле Мичи

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	ппп	S _{общ}	Σ
Анкерит	4,22	0,06	1,01	17,82	0,29	1,09	7,02	30,06	0,65	0,30	0,24	1,06	36,21	—	100,03
Доломит	9,84	0,17	3,11	1,29	5,72	0,69	13,93	24,58	0,50	0,43	0,18	0,62	38,18	—	99,72

Исходя из результатов химического анализа формулы проанализированных пород выглядят так: анкерита - Ca_{1,3}(Mg_{0,42}Fe_{0,24}Mn_{0,04})_{0,7}[CO₃]₂, доломита - Ca_{1,3}(Mg_{0,42}Fe_{0,24}Mn_{0,04})_{0,7}[CO₃]₂.

Таблица 6

Интенсивность линий и межплоскостные расстояния анкерита и доломита из сопочной брекчии грязевого вулкана Пыккле Мари

Анкерит															
I	2,89	2,68	—	2,41	2,19	—	2,01								
α/η	100	10	—	20	35	—	10								
Стандарт АСТМ															
I	2,899	2,685	2,552	2,411	2,199	2,067	2,02								
α/η	100	3	1	3	6	<1	3								
Доломит															
I	3,69	3,32	2,88	2,67	2,54	2,40	2,19	2,07	2,015	1,849	1,807	1,781	1,565	1,546	1,465
α/η	5	10	100	5	5	10	30	5	20	5	20	25	5	5	5
Стандарт АСТМ															
I	3,69	—	2,896	2,67	2,54	2,405	2,192	2,066	2,015	1,848	1,804	1,781	1,567	1,545	1,465
α/η	5	—	100	10	3	10	30	5	15	5	20	30	9	10	5

Среди обломочного материала попадают конгломераты и песчаники. Видимо, из конгломератов и происходят встречающиеся в сопочной брекчии окатанные обломки зеленых сланцев докембрия.

Образец из юго-западной оконечности грязевого вулкана Мичи, визуально определенный как конгломерат сарматского возраста, в шлифе представляет собой разномыслистый полимиктовый песчаник (рис. 7). Размер

зерен от 0,1 до 1,0 мм, преобладают зерна поперечником в 0,4 мм. Состав зерен: кварц – 70–80%, плагиоклаз (не очень основной – может быть олигоклаз, возможно, имеются и калиевые полевые шпаты) – 10–20%, обломки окатанного кварцита или кварцитовидных сланцев, т.е. обладающие сланцеватой структурой – до 10%. Цемент карбонатный, в том числе новообразованный (описание Е.Е. Шнюковой).

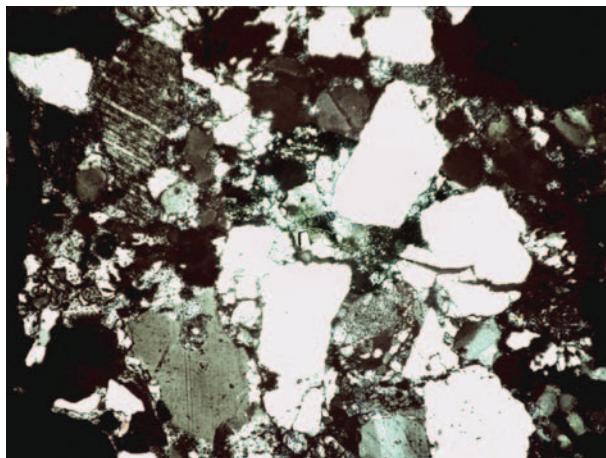


Рис. 7. Песчаник из твердых выбросов сопочной брекчии грязевого вулкана Пыклеле Мичи. Николит+

Обширные свежие излияния сопочной брекчии обоих вулканов покрыты большими по площади белесыми налетами минералов-новообразований (рис. 8, 9). Это сезонные минералы, выпадающие из сопочных вод или возникающие под воздействием атмосферных факторов. К сожалению, накануне нашего посещения грязевых вулканов прошли сильные дожди, подавляющее большинство белых налетов было вымыто и собрать полную гамму минералов-новообразований с поверхности сопочной брекчии не удалось.



Рис. 8. Белесые налеты соли на поверхности сопочной брекчии грязевого вулкана Пыклеле Мари

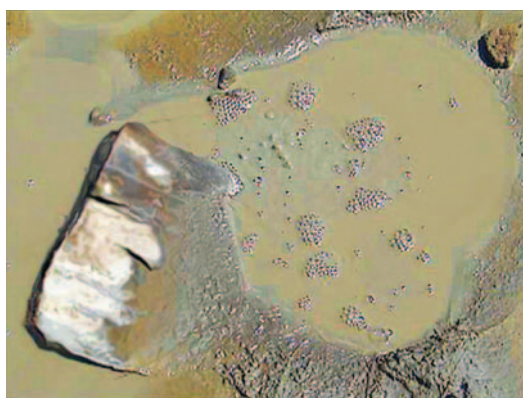


Рис. 9. Выцветы сезонных минералов на поверхности твердых выбросов грязевого вулкана Пыклеле Мари

Первое упоминание о выделениях солей принадлежит П. Энгулеску [5]. Он пишет о “сильном и обильном выветривании солей, порошкообразных или кристаллизованных в виде игл, в которых могут преобладать суль-

фаты, очень редко или местами – хлориды”. О развитии здесь сульфатов также свидетельствует своеобразная солончаковая флора грязевых вулканов Румынии. Однако планомерное и систематическое изучение состава сезонных минералов не проводилось.

А. Дику [4] отмечает развитие сульфатов, местами хлоридов (поваренная соль) в выцветках изучаемых грязевых вулканов. В частности, этот автор фиксирует наличие кристаллов соли в грязевом вулкане у с. Тулбуреа близ г. Бузеу. Наличие сероводородного источника позволяет нам предполагать образование здесь самородной серы.

В подтверждение сведений А. Дику о развитии сульфатов приведем данные изучения тех образцов, что удалось отобрать, несмотря на неблагоприятные погодные условия. На рентгенограмме отмечаются линии, характерные для барита, ангидрита и кальцита. Разделить по фазам пробу не удалось из-за сильной загрязненности глинистым веществом, что лишний раз свидетельствует о необходимости тщательного отбора проб сезонных минералов. Нами на газодонных источниках, сопутствующих грязевым вулканам Керченского п-ова, были выявлены биогенная и хемогенная сера, такие сезонные минералы как астраханит (блоедит), гипс, эпсомит, гексагидрит, галотрихит и др. [3].

Известно, что в сопочной брекчии вулканов Керченско-Таманского региона повышено содержание бора и борсодержащих минералов. Предположение о том, что и румынские грязевые вулканы бороносны, подтвердилось. Постоянное присутствие бора установлено во всех проанализированных образцах в количестве от 0,04 до 0,2%. В сопочной брекчии жерловой фации содержание бора колеблется от 0,06 до 0,08%. В обломочном материале этот элемент присутствует в сотых долях процента, лишь в поперечноволокнистом кальците – до 0,2%.

По нашему мнению широкое развитие бороносности позволяет предположить, что значительная часть сезонных минералов, проявляющихся на поверхности сопочных отложений в виде эфемерных белесых выцветов, представлена боратами, скорее всего легкорастворимой бурой.

Вопрос распространения бора и, в частности, буры, заслуживает специального исследования, ибо при определенных условиях на грязевых вулканах возможно возникновение даже промышленных скоплений минералов бора. Подобным примером может служить Булганакская залежь боронатрокальцита (улексита), разрабатывавшаяся в 30-х годах XX века [2]. Подсчет запасов бора в сопочной воде и в сухой сопочной брекчии были в свое время проведены для грязевых вулканов Таманского п-ова. Эти цифры весьма значительны.

При концентрации бора в растворимых минеральных формах даже незначительные его содержания могут быть легко извлекаемы.

В целом минералогическое изучение грязевых вулканов Румынии представляет большой интерес и заслуживает продолжения, ибо позволяет глубже понять природу грязевулканических процессов.

Основные выводы.

1. Несмотря на очевидное сходство грязевых вулканов Румынии и Керченско-Таманского региона, первые характеризуются определенным своеобразием, что связано с особенностями геологической обстановки.

2. Минералогия сопочной брекчии отвечает составу формирующих ее глинистых толщ сармата. Соответственно обломочный материал известняков, песчаников, конгломератов аналогичен составу исходных пород.

3. К собственно грязевулканическим процессам минералообразования могут быть отнесены пиритизация и карбонатизация, в частности развитие кальцитовых жил, обломки которых в составе твердых выбросов сопочной брекчии довольно многочисленны.

4. Обломки карбонатных конкреций брекчии при ближайшем рассмотрении оказались марганцовистым анкеритом и доломитом.

5. Особого внимания заслуживает выявленная широкая распространенность бора – своего рода геохимическая зараженность бором всех производных грязевулканического процесса.

6. Экзогенная минерализация белых выцветов на поверхности сопочной брекчии представлена скорее всего бурой и другими сезонными минералами.

7. Минералогические исследования грязевых вулканов Румынии заслуживают дальнейшего продолжения и расширения.

1. Шнюков Е.Ф., Гнатенко Г.И., Соболевский Ю.В., Гнатенко О.В., Кутный В.А. Генетические аспекты минералообразующего процесса // Препринт ИГН АН УССР. – К., 1989. – 56 с.
2. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А., Кутный В.А., Гусаков И.Н., Трофимов В.В. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: Главмедиа, 2006. – 176 с.
3. Шнюков Е.Ф., Кутный В.А., Науменко С.П., Маслаков Н.А. Травертины и другие минеральные образования газоводных источников Керченского полуострова // Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2007. №3. – С. 5-14.
4. Dicu A. Vulcanii Noroiosi di zona Bizaului, Editura Victor B Victor, Bucuresti, 2005, 135 p.
5. Engulescu P. Svteva Gloduri (ochiuri) din podieul Moldovei dintre Prut ei Ciret. Inst.geil.Rom., II, Bucuresti, 1911, p.133-142.

Наведено результати досліджень речовинного складу твердих продуктів діяльності грязьових вулканів Пиклеле Марі і Пиклеле Мичі. Виявлено бороносність та ряд раніш не описаних мінералів. Дається порівняльна характеристика з грязьовими вулканами Керченсько-Таманського регіону.

The results of the research of material composition of solid products of activity of the mud volcanoes Piclele Mari and Piclele Mici are given. Borates and a number of earlier undescribed minerals are revealed. The comparative characteristic with mud volcanoes of Kerch-Taman region is given.