

ИЗУЧЕНИЕ АКЦЕССОРНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ СОПОЧНОЙ БРЕКЧИИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА – ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПОЗНАНИЯ ИХ ГЕНЕЗИСА

Е.Ф.Шнюков¹, Ад.А.Алиев²

1 – ГНУ «Отделение морской геологии и осадочного рудообразования» НАН Украины
01601, г.Киев, ул. Олеся Гончара, 556

2 – Институт геологии и геофизики НАН Азербайджана
AZ1143, г.Баку, просп. Г.Джавида, 119

В статье рассматривается необычный минералогический состав акцессорных минералов сопочной брекчии грязевых вулканов Азербайджана, в частности, наличие самородных минералов (золото, золотистая медь, железо, никель, хром, серебро, олово), многих нехарактерных сульфидов, оксидов и других. Отмечаются также редкие формы выделения многих минералов – в том числе самородного железа, вюстит, гематита, образующих полые мелкие (доли мм) шарики в составе брекчии, шарики и стяжения некоторых других элементов – меди, свинца, цинка; отдельные мелкие друзы гематита, оплавленные обломки сопочной брекчии, природная известь и др.

Все эти факты рассматриваются как признаки воздействия глубинных флюидов на сопочную брекчию грязевых вулканов.

Издание классической капитальной монографии – атласа грязевых вулканов мира (Алиев и др., 2015) явилось итогом определенного этапа геологических исследований этого сложного и весьма важного явления природы. Тем не менее некоторые задачи дальнейшего изучения грязевого вулканизма, особенно его вещественного состава, глубинные причины заложения грязевых вулканов, роль глубинных факторов в их формировании остаются пока неясными.

Одним из недостаточно изученных направлений исследований грязевых вулканов является их минералогия, может быть, в первую очередь акцессорная минералогия сопочной брекчии вулканов.

В свое время П.П.Авдусин (1948, с.54) отмечал: «...Ограниченные масштабы применения минералогических методов исследования при изучении столь разнообразных и оригинальных геологических объектов, какими являются грязевые вулканы, следует объяснять не недостатком внимания к минералогическому составу продуктов извержения, а отсутствием рациональных способов исследования глинистых пород, которые в основном и принимают участие в строении сопочной брекчии».

Широкое внедрение электронной микроскопии и микрозондового анализа в геологическую практику снимает многие трудности и

ограничения, позволяя изучать не только глинистую составляющую брекчии, но и в первую очередь присутствующую в ней акцессорную минерализацию.

Акцессорная минерализация сопочной брекчии грязевых вулканов изучается уже много лет. В справочных изданиях акцессорные минералы (от лат. *accessorius*) истолковываются как минералы, содержащиеся в породе в незначительных количествах (в общем – менее 1% или в других руководствах – 1-2%). По происхождению выделяются аллотигенные и аутигенные акцессорные минералы. Изучение аллотигенных минералов позволяет судить об источниках их проявления, о стратиграфической корреляции толщ.

Аутигенные акцессории важны для понимания условий накопления осадка, его литификации. Грязевые вулканы Азербайджана изучаются уже многие годы. Еще П.П.Авдусин (1939, 1948), обобщая все материалы предыдущих исследований, выделил в твердой фазе сопочной брекчии более 100 минералов (табл.1). Они подразделяются на три группы – минералы реликтовые из осадочных пород; минералы, возникшие в грязевых вулканах; минералы, образованные в результате термального метаморфизма брекчии (за счет взрывных явлений).

Таблица 1

Минералы, обнаруженные в продуктах извержения по П.П.Авдусину (1939)

А	Б	В
Минералы реликтовые из осадочных толщ (подстилающие)	Минералы граязевых вулканов	
Кварц Полевые шпаты Анальим Бейделит и др. Глинистые минералы Опал Хальседон Вулканическое стекло Углистые образования Гранат Рутил Бурый шпинель Циркон Апатит Брукит Апатит Коллофан Делит Бесв. слюды Биотит Зеленые слюды	Змеевик Тремолит Актинолит Обыкновенная роговая Гипс Глаукофан Авгит Диопсид Эпидот Цоизит Дистен Силлиманит Андалузит Титанит Глаукофан Оливин Старолит Турмалин Ильменит Лейкоксен Магнетит Красные окислы железа	Карбонаты кальция CaCO_3 Доломит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ Сидерит FeCO_3 Сера S Пирит FeS_2 Марказит FeS_2 Гидротроилит $\text{FeS} \cdot \text{H}_2\text{O}$ Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Ангидрит CaSO_4 Целестин SrSO_4 Ярозит $(\text{K}, \text{Na})_2\text{Fe}_6(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_4$ Селитра NaNO_3 Галит NaCl Халькопирит CuFeS_2 Атакалит $\text{CaCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ Арагонит CaCO_3 Аттраксолит Термонит $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Эпсомит $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Улексит $\text{NaCaB}_6\text{O}_{10} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ Бурый $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Многолетние исследования граязевых вулканов Азербайджана позволили дополнить состав вулканической брекчи новыми минералами, особенно сульфатами (барит, алуит, мирабилит, тенардит и др.), глинистыми (каолинит, хлорит, смектит, гидрослюда), высокотемпературными (сандин, алуар из группы полевых шпатов, микролиты кварца и др.), что нашло свое отражение в ряде научных публикаций и атласа граязевых вулканов мира (Алиев и др., 2015).

Минералогические исследования авторов, основанные на широком применении электронной микроскопии и микрозондового анализа, охватили 19 наиболее типичных граязевых вулканов, расположенных в различных тектонических зонах Азербайджана (рис. 1), и позволили обнаружить многие десятки новых, ранее неизвестных минералов, которые относятся к самородным, сульфидам, оксидам, карбидам, нитридам, силикатам и другим классам.

Удвигает не только минералогическое разнообразие, но и характер форм выделения мно-

гих из них. Они имеют облик неокатанных ветвистых ксеноморфных индивидов, проволок, кристаллов и кристаллических образований, сложных выделений, простирающихся в сопочную брекчию, в ряде случаев округлых, иногда полых внутри сферул.

А.Е.Лукин (2013) особое внимание уделяет сферическим формам минералов, которые по его обобщенным данным образуются при осаждении космической пыли, импактных явлениях, геизисе рудных месторождений, в процессе эксплозивного вулканизма и т.д. Сферулы многих металлов он рассматривает как индикаторы глубинных флюидов, связанных с эволюцией плутонов.

Сферулы минералов обнаружены в пеллах камчатских вулканов. По составу это самородное железо, интерметаллические соединения Fe, Mn, Cr, Ni, в исландских вулканах обнаружено вулканическое стекло. Предполагается поступление частиц указанных минералов из области верхней мантии (Сандимирова, 2008; Карпов и др., 2012).

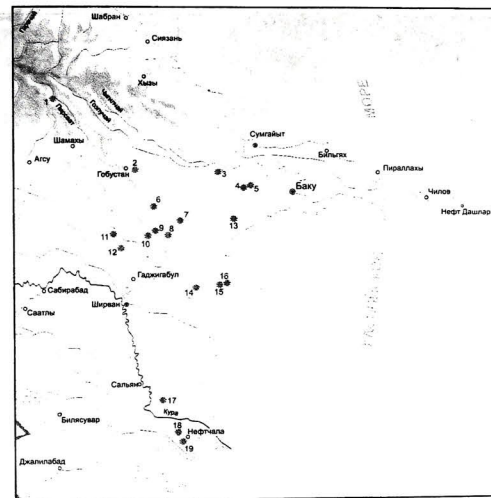


Рис. 1. Карта опробования граязевых вулканов Азербайджана

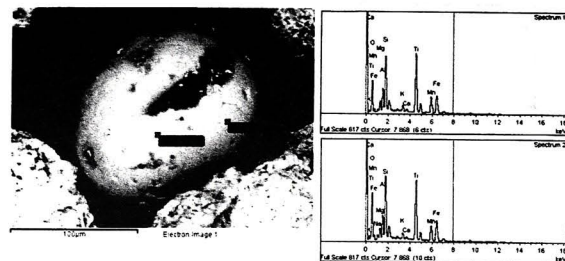
1 – Демрич, 2 – Кичик Марказ, 3 – Пирекшишоль, 4 – Девебойну, 5 – Болдаг-Гюлдек, 6 – Нардаранхатмар, 7 – Чендзаг, 8 – Аглаская группа, 9 – Шенган, 10 – Дашмазлы, 11 – Ахтармазлы, 12 – Бюк Харам, 13 – Пильлиш-Гарадаг, 14 – Айрыттеке, 15 – Дашигил, 16 – Бахар, 17 – Дуроваг, 18 – Дуздаг, 19 – Нефчила Пильлиш.

Особенно детально сферулы были изучены Е.И.Сандимировой (2008) на примере курильских и камчатских вулканов. Она истолковывает их как сложные поликомпонентные минеральные агрегаты из самородного железа, его оксидов, стекла, парагенетически связанные с самородными элементами и интерметаллическими соединениями.

Сферулы образуются и в высокотемпературных металлургических процессах (Нестеренко и др., 2007). Их размеры разнятся от 1-2 микрон до 6-7 см, чаще всего встречаются до 1 мм. Попадаются сферулы однороднозаполненные, полые, иногда с несколькими газовыми пузырями. Состав – железо, графит, востит,

магнетит, гематит, силикаты, железисто-силикатное стекло. Они генерируются при высокотемпературных процессах в газовом потоке, в силикатных расплавах. Искусственные и природные сферулы чаще всего образуются вокруг газовых пузырей.

В граязевых вулканах Азербайджана встречаются довольно разнообразные сферулы. В сопочной брекчи граязевого вулкана Агдам обнаружены сложные по химическому составу алюмосиликатно-железистые пустотелые шарикоподобные минералы. Они содержат примеси Ti, Mn. Их поверхность относительно гладкая и при существующих возможностях изучения пока не информативна (рис. 2).



Spectrum 1			Spectrum 2		
Element	Weight %	Atomic %	Element	Weight %	Atomic %
O K	30,31	53,07	O K	35,51	58,41
Mg K	2,39	2,75	Na K	1,12	1,29
Al K	4,71	4,89	Mg K	2,32	2,52
Si K	10,79	10,76	Al K	4,23	4,12
K K	1,49	1,07	Si K	10,17	9,53
Ca K	0,49	0,34	K K	1,47	0,99
Ti K	24,57	14,37	Ca K	0,65	0,43
Mn K	11,19	5,71	Ti K	21,34	11,72
Fe K	14,06	7,05	Mn K	9,53	4,57
Totals	100,00		Fe K	13,63	6,42
			Totals	100,00	

Рис. 2. Алломосилитно-железистый шарик. Грязевой вулкан Агдам

Пустотелая сфера самородного железа диаметром 40 микрон наблюдалась в сопочной брекчии грязевого вулкана Шекихан (рис. 3). На

этом же вулкане зафиксирована сфера диаметром 70 микрон, сложенная вюститом (рис. 4).

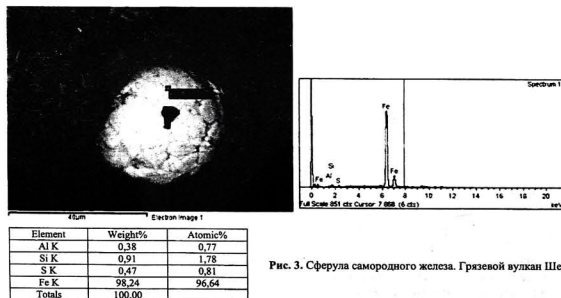
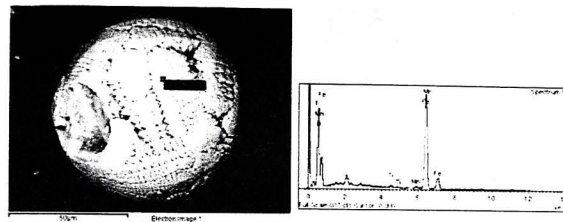


Рис. 3. Сфера самородного железа. Грязевой вулкан Шекихан



Element	Weight%	Atomic%
O K	26,02	55,07
Ti K	0,65	0,46
Mn K	1,18	0,73
Fe K	72,14	43,74
Totals	100,00	

Рис. 4. Предположительно вюститовая сфера. Грязевой вулкан Пырекишюль

Шарики оксидов железа неоднократно найдены почти во всех изученных вулканах. Размеры их колеблются от 30 до 400 микрон

(рис. 5, 6). Часто их поверхность усеяна еще более мелкими сферами размером около 1 микрона и их сростками (рис. 7).

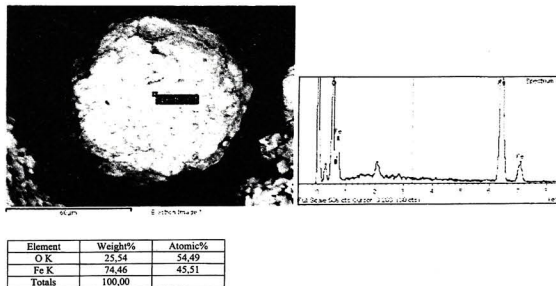
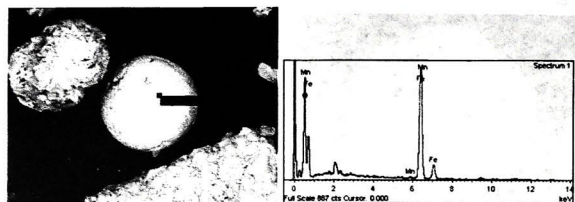
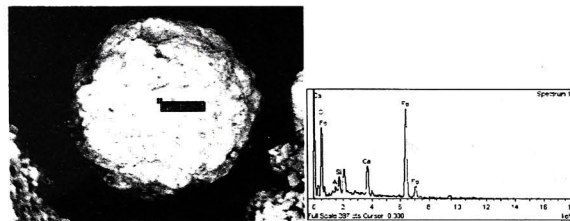


Рис. 5. Магнетитовый шарик. Грязевой вулкан Нефтяла Пильялиас



Element	Weight%	Atomic%
O K	26,30	55,47
Mn K	0,69	0,42
Fe K	73,01	44,11
Totals	100,00	

Рис. 6. Грязевой вулкан Пирекяшкюль



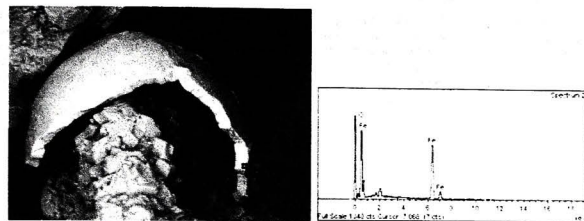
Element	Weight%	Atomic%
O K	27,79	55,10
Al K	0,90	1,05
Si K	2,92	3,30
Ca K	7,56	5,99
Fe K	60,83	34,56
Totals	100,00	

Рис. 7. Грязевой вулкан Шекихан

По химическому составу многие отмеченные сферулы ближе всего соответствуют гематиту, возможно, с примесью силикатов. Судя по изометричным округлым выделениям на поверхности, это скорее всего агрегаты магнетита, окисленные в брекчи и являющиеся псевдо-

морфозой гематита по магнетиту – мартитом.

Обломок довольно крупного (диаметр 180 микрон) шарика наблюдался в грязевом вулкане Шекихан. Толщина стенок такой сферулы в сколе постоянна и составляет первые микроны (рис. 8).



Element	Weight%	Atomic%
O K	31,94	62,10
Fe K	68,06	37,90
Totals	100,00	

Рис. 8. Обломок сферулы оксида железа. Грязевой вулкан Шекихан

Шарик не совсем правильной формы встречен на вулкане Дашгил. Состав его истолковать затруднительно: 53,61% Fe, 19,63% Ti, 1,09% Mg, 25,73% O. Скорее всего, это какой-то полуокисленный сплав железа и титана.

Сферулы с неровной бугорчатой поверхностью (размеры до 120 микрон) встречаются на грязевом вулкане Дуровдаг. Их состав Fe – 55,34%, Ti – 0,53%, Cr – 12,7%, что соответству-

ет, скорее всего, гематиту с примесью хрома и титана. Изредка (вулкан Пирекяшкюль) наблюдались хорошо окристаллизованные сферулы, сложенные пиритом. Вероятнее всего, это продукты измененных в сероводородной среде окисных минералов железа, слагавших шарники. По характеру выделений эти сферулы резко отличаются от типичных новообразований пирита (рис. 9).

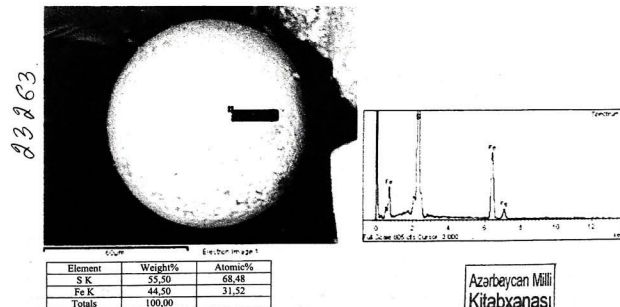
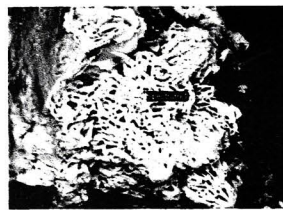


Рис. 9. Грязевой вулкан Пирекяшкюль

Azərbaycan Milli
Kitabxanası

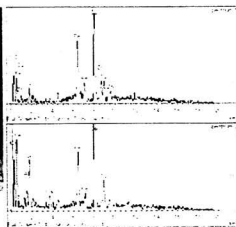
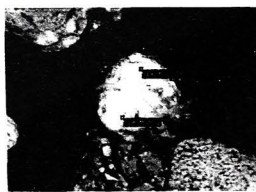
На грязевом вулкане Шекихан на поверхности breccии обнаружены своего рода гематитовые розы (рис. 10). Изучались сферулы не только железа, его оксидов и сульфидов, но и стяжения полиметаллов, которые, очевидно, полностью заполнены. Такого рода образова-

ния часто наблюдались на грязевом вулкане Шекихан. Большинство стяжений имеет сложный состав. Так, один из шариков содержал 66% меди и 11,56% железа, при этом был значительно окислен (содержание кислорода до 35,37%) (рис. 11).



Element	Weight%	Atomic%
O K	32,35	62,53
Fe K	67,65	37,47
Totals	100,00	

Рис. 10. «Гематитовые розы». Грязевой вулкан Шекихан

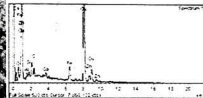


Spectrum 1			Spectrum 2		
Element	Weight %	Atomic %	Element	Weight %	Atomic %
O K	5,24	17,31	O K	13,57	35,37
Si K	1,77	3,34	Al K	2,59	4,01
Fe K	19,78	18,74	Si K	4,80	7,13
Cu K	59,47	49,50	Ca K	1,47	1,53
Zn K	13,73	11,11	Fe K	11,56	8,64
Totals	100,00		Cu K	66,00	43,32
			Totals	100,00	

Рис. 11. Грязевой вулкан Шекихан

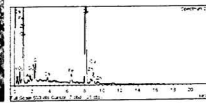
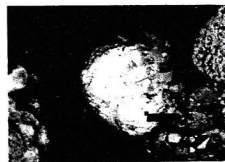
В других сферулах степень окисления была меньше (кислорода – 4,82%), они содержали 79,10% меди, 5,82% цинка, 5,44% железа

(рис. 12). Третьи шарик были почти не окислены, в них содержание меди доходило до 81,05% (рис. 13).



Element	Weight%	Atomic%
O K	4,82	16,03
Al K	0,92	1,82
Si K	0,89	1,69
S K	1,65	2,73
Ca K	0,87	1,15
Fe K	5,44	5,18
Cu K	79,60	66,67
Zn K	5,82	4,4
Totals	100,00	

Рис. 12. Грязевой вулкан Шекихан



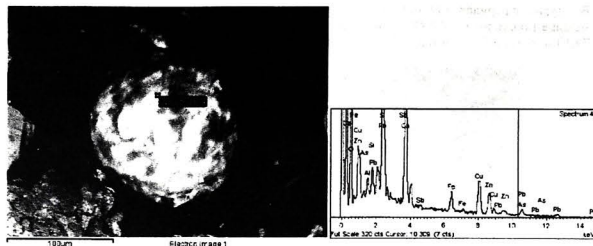
Element	Weight%	Atomic%
O K	4,18	13,93
Al K	0,63	1,25
Si K	0,94	1,77
S K	3,98	6,62
Ca K	0,78	1,04
Fe K	3,90	3,72
Cu K	81,05	67,97
Zn K	4,53	3,70
Totals	100,00	

Рис. 13. Грязевой вулкан Шекихан

В некоторых медных стяжениях содержание цинка достигало 20,92% и даже 24,73%. Присутствовали небольшие примеси Ni, Fe.

Полиметаллические стяжения с неровной поверхностью наблюдались на грязевом вулкане Дуроваг. Состав стяжений несколько изменчив, но всецело преобладают медь (12,71-37,29%),

цинк (9,53-38,22%), свинец (9,14%-20,72%), встречаются железо (2,40-3,32%), мышьяк (0-0,4%), сурьма (2,10-3,03%), имеются незначительные загрязняющие примеси Al, Si, S, Ca (рис. 14). Возможно существование примеси сульфидов (первые проценты).

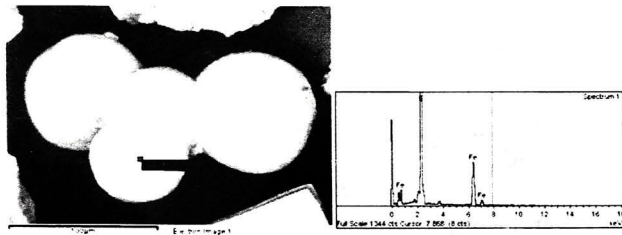


Element	Weight%	Atomic%
O K	34.89	69.33
Al K	1.00	1.18
Si K	1.27	1.44
S K	0.62	0.62
Ca K	13.42	10.65
Fe K	3.32	1.89
Cu K	12.71	6.36
Zn K	9.53	4.63
As L	0.41	0.17
Sb L	2.10	0.55
Pb M	20.72	3.18
Totals	100.00	

Рис. 14. Грязевый вулкан Дурова

Иногда сферулы складываются пиритом (Бахар, Агадам) (рис. 15). В отличие от пирита, пиритин чаще других минералов образуется при

высоких температурах, и участие флюидов вулкана в их генезисе наиболее вероятно.



Element	Weight%	Atomic%
S K	52.48	65.79
Fe K	47.52	34.21
Totals	100.00	

Рис. 15. Пирит. Грязевый вулкан Айраткен

Что касается происхождения основной массы сферул, то это явно образования, выпавшие из газовой среды флюидов грязевых вулканов, они аналогичны новообразованиям в выбросах настоящих вулканов, некоторым продуктам металлургического процесса. Такое же происхождение можно предположить и для стержневых полиметаллов.

О высоких температурах процессов, протекавших в недрах, свидетельствуют находки расплавленного силикатного стекла с многочисленными трубчатыми вакуолями, формирующими сеть субпараллельных трубчатых пустот (вулкан Нардаранхатрма). Очевидно, эту породу создают движущиеся высокотемпературные флюиды (рис. 16). Они вызвали расплавление насыщенной газом среды (брекчи) с образованием силикатных стекол. Химический состав расплавленного материала стекол примерно соответствует составу сопочной брекчи. Небезынтересно, что находки вулканического стекла описаны П.П.Авдусиным еще в тридцатые годы (Авдусин, 1939). Он связывал их с извержением и наземными взрывами грязевых вулканов.

Интересны находки мелких кристалликов кварца в сопочной брекчи грязевого вулкана Дашмардан. Это явные новообразования.

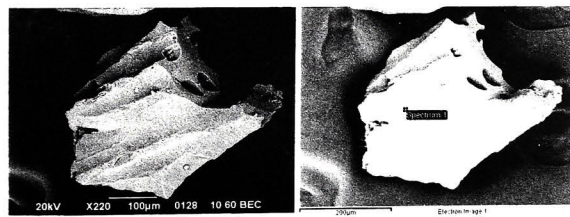
О высокотемпературном воздействии свидетельствует и факт находки природной извести. Она образует идиоморфные ромбовидные кристаллы в глинисто-карбонатной массе (рис. 17, 18).

В минералогических руководствах Дэн (1950) и А.Г.Бетехтина (1950) отмечаются находки природной извести в лавах Везувия, где при извержении она образовалась за счет захваченных лавой известняков.

Известь встречается и как образование металлургических процессов. В целом возникновение извести связано с достаточно высокотемпературными процессами разрушения карбонатных пород.

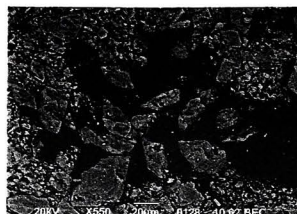
Как видим, минералогический состав обнаруженных минералов, их габитус и форма выделений необычны. Многие из них образуют сферулы, сохраняют облик кристаллов и агрегатов, явно не окатыши, брекчия носит следы порастания этими минералами. Отнести их к терригенным или аутигенным минералам осадочного процесса невозможно. Их нельзя описать и как продукты термального воздействия при поверхностных взрывах газов.

В связи со всеми приведенными данными приходится искать причины их развития в сопочной брекчи. А.Е.Лукин считает, что развитие дисперсных частиц многих минералов (самородные металлы, карбиды, силициды и т.д.), разнообразных как морфологически, так и химически в составе брекчи, транспортирует движущиеся флюиды (безводный сверххолодный газ на основе углеводородов и других компонентов – S, Fe, Si, N, P, галогены и др.). Содержащие эти минералы неравновесные породы А.Е.Лукин именует «пригожинитами».



Element	Weight%	Atomic%
O	56.44	70.56
Na	1.98	1.72
Al	5.23	3.88
Si	28.37	20.21
K	5.04	2.58
Fe	2.94	1.05
Totals	100.00	

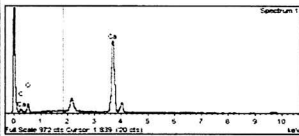
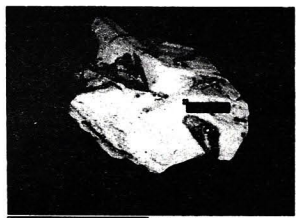
Рис. 16. Силикатный шлак. Расплавленный материал сопочной брекчи с многочисленными трубчатыми пустотами от газов. Вулкан Нардаранхатрма



Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
Ca	71.47	50.00	100.00	CaO
O	28.53	50.00		
Totals	100.00			



Рис. 17. Идиоморфные ромбовидные кристаллы природной извести в сопочной брекчии гравевого вулкана Ахтармаарды



Element	Weight%	Atomic%
O K	63.00	81.01
Ca K	37.00	18.99
Totals	100.00	

Рис. 18. Природная погашенная известь СаО

Возможно истолкование их как новообразований флюидных пломов в процессах газотранспортных реакций в недрах, как это предполагал Б.В.Кропоткин, Б.М.Валеев (1980), А.Н.Дмитриевский, Б.М.Валеев (2002а,б; 2010), Б.М.Валеев (2011), Ф.А.Летников (2010), Е.Ф.Шнюков (2016), А.Е.Лукин (2006, 2009, 2013) и др.

Ф.А.Летников (2010) рассматривает развитие Земли как монотонно угасающий процесс с истощением флюидных компонентов в верх-

них горизонтах литосферы, с периодическими импульсами интенсивной дегазации.

Выделяются две флюидные системы на основе водорода – водородно-углеродная и водородно-сернистая. Деятельность гравевого вулканов обусловлена действием водородно-углеродной системы.

Высокотемпературные и высокобарические флюидные потоки прожигают мантию и надмантийную толщу пород. Мантийные пломы порождают флюидные потоки. Итогом их про-

никновения в сопочную брекцию и являются описываемые минералы.

Принятие представлений о глубинных флюидах позволяет объяснить многие ранее непонятные факты – многочисленные находки высокотемпературных и высокобарических минералов в составе сопочной брекчии, их идиоморфные кристаллические формы (во многих случаях), неожидаанный габитус – сферулы, стяжения, проволоки и тому подобные выделения. Находят в этом случае объяснение и многие особенности химизма минералов и иногда даже их химический состав в целом. Это минералы флюидного происхождения.

Фактически обнаруженная в гравевого вулканах минерализация позволяет нам предположить, что она является материальным подтверждением идей о глубинных пломах. Наличие в сопочной брекчии изученных гравевого вулканов Азербайджана самородных минералов и включений объясняется возможностью их прохождения через утоненную толщу консолидированной коры в каналы вулканов, связанных с глубинными разломами.

ЛИТЕРАТУРА

- АВДУСИН, П.П. 1939. К петрографии продуктов извержений гравевого вулкана Крымско-Кавказской геологической провинции. В сборник: *Результаты исследования гравевого вулкана Крымско-Кавказской геологической провинции*. Изд-во АН СССР. Москва-Ленинград. 58-66.
- АВДУСИН, П.П. 1948. Гравевого вулкан. Петрографическое исследование. Изд-во АН СССР. Москва-Ленинград. 192 с.
- АЛИЕВ, А.А., ГУЛИЕВ, И.С., ДАДАШЕВ, Ф.Г., РАХМАНОВ, Р.Р. 2015. Атлас гравевого вулкана мира. Nafta-Press. Баку. 322 с.
- БЕТЕХТИН, А.Г. 1950. Минералогия. Госгеолгиздат. Москва. 956 с.
- ВАЛЕЕВ, Б.М. 2011. Углеродная дегазация Земли, геотектоника и происхождение нефти и газа. В материалах конференции: *Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений*. ГЕОС. Москва. 10-32.

- ДИМИТРИЕВСКИЙ, А.Н., ВАЛЕЕВ, Б.М. 2002а. Углеродная дегазация через дно океанов: локальные проявления, масштабы, значимость. В материалах конференции: *Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений*. ГЕОС. Москва. 7-36.
- ДИМИТРИЕВСКИЙ, А.Н., ВАЛЕЕВ, Б.М. 2002б. Флюидогеохимические и генетические аспекты гидратности разреза осадков дна Мирового океана. В: *Геодинамика и нефтегазовые структуры Черноморско-Каспийского региона*. 58-59.
- ДИМИТРИЕВСКИЙ, А.Н., ВАЛЕЕВ, Б.М. 2010. Углеродная дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений: развитие идей П.Н.Кропоткина. В материалах конференции: *Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений*. ГЕОС. Москва. 7-10.
- ДЭНА, Дж.Д., ДЭНА, Э.С., ТЭЛЛАЧ, Ч. и др. 1950. Система минералов. Т.1. Москва-Ленинград. 608 с.
- КАРПОВ, Г.А., АНИКИН, Л.П., НИКОЛАЕВ, А.Г. 2012. Самородные металлы и интерметаллы в пеплах действующих вулканов Камчатки и Исландии. В материалах конференции: *Вулканизм и связанные с ним процессы*. Петропавловск-Камчатский. 183-187.
- КРОПОТКИН, П.Н., ВАЛЕЕВ, Б.М. 1980. Геодинамика гравевого вулкана (в связи с нефтегазовой деятельностью). В: *Геологические и геохимические основы поисков нефти и газа*. Наука. Москва. 148-178.
- ЛЕТНИКОВ, Ф.А. 2010. Углеродная ветвь глубинной дегазации. В материалах конференции: *Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений*. ГЕОС. Москва.
- ЛУКИН, А.Е. 2006. Самородные металлы и карбиды глубинных геосфер. *Геологический журнал*. 4,17-46.
- ЛУКИН, А.Е. 2009. Самородно-металлические микро- и нановключения в формированиях нефтегазовых бассейнов – трассеры сверхглубинных флюидов. *Геологический журнал*. 31, 2, 61-92.
- ЛУКИН, А.Е. 2013. Минеральные сферулы – индикаторы флюидного режима рудообразования и нефтяногенеза. *Геологический журнал*. 35, 6, 10-53.
- НЕСТЕРЕНКО, Т., ПАВЛЕНКО, В., ПИРШИКОВА, С. 2007. Относительная кинетика извержений техногенного происхождения. *Минералогический сборник*. 57, 1, 76-80.
- САНДИМИРОВА, Е.И. 2008. Микро-сферулы как индикаторы флюидных (флюидно-магматических) процессов областей современного вулканизма. Вулканизм и геодинамика. В материалах: *IV Всероссийский симпозиум по вулканизму и палеовулканологии*. Петропавловск-Камчатский. 2, 806-809.
- ШНЮКОВ, Е.Ф. 2016. Флюидогенная минерализация гравевого вулканов Азово-Черноморского региона. *Логос*. Киев. 194 с.

Рецензент: академик А.Дж.Исмаил-Заде