

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/324127708>

PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF VOLCANIC FRAGMENTS OF THE WADI AL-BATIN IN IRAQ

Article · February 2018

DOI: 10.17122/ngdelo-2018-1-6-13

CITATIONS

0

READS

4

2 authors:



Abdelhalim Shokry Mahmoud

Fayoum University

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ahmad Al-Gurairy

University of Al-Qadisiyah- Iraq & Russian State Geological Prospecting Univer...

11 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Article Recent Morphotectonics Processes in Lower Valleys of Southern Desert, Iraq [View project](#)



The relationship between Neotectonics and the Rejuvenation of Euphrates River - IRAQ. [View project](#)

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИТОВ ВАДИ ЭЛЬ-БАТИН В ИРАКЕ

PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF VOLCANIC FRAGMENTS OF THE WADI AL-BATIN IN IRAQ

Махмуд Абделхалим
Abdelhalim S. Mahmoud

Российский государственный
геологоразведочный университет,
г. Москва, Российская Федерация
Файюм Университет, Египет

Russian State Geological
Prospecting University,
Moscow, Russian Federation
Fayoum University, Egypt

Аль-Гурейри Ахмад
Ahmad Y. Al-Gurairy

Российский государственный
геологоразведочный университет,
г. Москва, Российская Федерация
Аль-Кадисия Университет, Ирак

Russian State Geological
Prospecting University,
Moscow, Russian Federation
Al-Qadisiyah University, Iraq

Вади Аль-Батин — долина Эль-Батин начинается в горных районах северо-запада Саудовской Аравии. Вулканические породы в виде песчано-галечниковых обломков образуют масштабную седиментационную дельту — «аллювиальный конус», который охватывает большую часть территории Кувейта и юго-востока Ирака. При общей изученности этих пород геохимические особенности пока неясны.

В данной работе даётся подробный анализ химического и компонентного состава пород Вади Эль-Батин. Установлено, что красновато-коричневые и тёмноокрашенные породы вулканической породы широко распространены на территории Ирака. Образцы красноватого цвета главным образом представлены риолитами, в то время как тёмные представляют трахит, дацит и сланец. Риолиты являются типичными примерами известково-щелочной перглинозёмистой вулканической породы и проявляют геохимические характеристики анорогенных внутриплитовых сред. С другой стороны, трахит и дацит являются толеитовыми перглинозёмами и имеют геохимические характеристики орогенного дугового типа. Подтверждено, что обломки пород Вади Эль-Батин появились из высокогорья западной и северо-западной Саудовской Аравии, где развиты коренные риолиты, которые во многом схожи с риолитами Вади Эль-Батин.

The volcanic rocks of the Wadi Al-Batin, in the form of sand-pebble fragments form large-scale sedimentary deposits. Delta of this valley — an «alluvial fan» — covers most of Kuwait and southeast of Iraq. With the general study of these rocks, their geochemical features remain unclear.

In this paper, a detailed analysis of the chemical and component composition of the rocks of Wadi Al-Batin volcanic fragments is given. It is established that reddish-brown and dark-colored rocks of volcanic rock are widely distributed in the territory of Iraq. Samples of reddish color are mainly represented by rhyolites, while dark ones represent trachyte, dacite and shale. Rhyolites are typical examples of calc-alkaline perglinozemic volcanic rock and exhibit geochemical characteristics of anorogenic intraplate media. On the other hand, trachyte and dacite are tholeiitic perglinozems and have geochemical characteristics of orogenic arc type. It has been confirmed that the wreckage of Wadi Al-Batin rocks originated from the highlands of western and north-western Saudi Arabia, where indigenous rhyolites are developed, which are in many respects similar to the rhyolites of Wadi Al-Batin.

Введение

Географически Вади Эль-Батин начинается в северо-восточной части Королевства Саудовской Аравии. Обломки пород, распространённые в Вади Аль-Батине и его конусе, состоят в основном из обломков двух вулка-

нических типов пород: красновато-коричневого цвета риолитов и тёмного цвета трахитов и дацитов.

В статье представлены новые данные по петрографии и геохимии указанных пород.

Ключевые слова

Вади Аль-Батин,
бассейн Аль-Римма,
аллювиальный конус,
риолиты,
вулканические породы,
геохимия

Key words

Wadi Al-Batin,
Al-Rimma Basin
alluvial fan,
volcanic rocks,
rhyolites
geochemistry

1. Петрографические и текстурные описания

На основании микроскопического исследования состава валовой пробы, а также характеристик микроэлементов, образцы были разделены на следующие пять типов.

1.1. Риолит

Риолиты представлены семью образцами, демонстрирующими значительные различия в минералогии, геохимии и физических свойствах. Они в основном темного красновато-коричневого цвета, один образец черный. Как правило, они являются фактурно-порфиловыми (рисунок 1, *a, b, d*), за исключением одного образца, который показывает мирмекитовое срастание кварца в калишпат (рисунок 1, *c*).

Большая часть собранных риолитовых образцов указывает на преобладание кварца. Риолиты показывают сильно различающийся модалный процент карлсбадского двойникования и простого двойникования калишпата с незначительной плагиоклазой, которая может возникать в виде отдельных зерен или в кластерах (рисунок 1, *b*). Количество фенокристаллов по сравнению с основной массой в большинстве образцов высокое (рисунок 1, *a*). Основные породы, как правило, заменяются опакowymi массами, хлоритами или эпидотами с небольшими вкраплениями плеохроических зеленых микроволокнистых актинолитов и биотитов, которые появляются в некоторых тонких срезах. Аксессуарными минералами являются гематит, апатит, циркон, в то время как вторичными — каолинит, эпидот, хлорит и серицит.

Большинство образцов сильно изменились под воздействием попадающих в породу растворов и демонстрируют признаки герметизации, серицитизации и каолинитизации более поздними метасоматическими процессами и воздушными изменениями, затрагивающими фенокристаллы и основную массу.

1.2. Полосатый риолит

Полосатый риолит состоит из кварцевой основной породы, раскристаллизованного стекла и каолинита. Некоторые кварцевые вкрапления преобразованы в кальцит вторичными метасоматическими процессами. Эти образцы выглядят как мелкозернистая, расслаивающаяся горная порода серого цвета, представляющая типично риолитовую водоточную структуру, в том числе крошечные удлиненные белые пузырьки, заполненные кальцитом и выровненные кварцем (рисунок 1, *e*), которые расположены параллельно наслоениям.

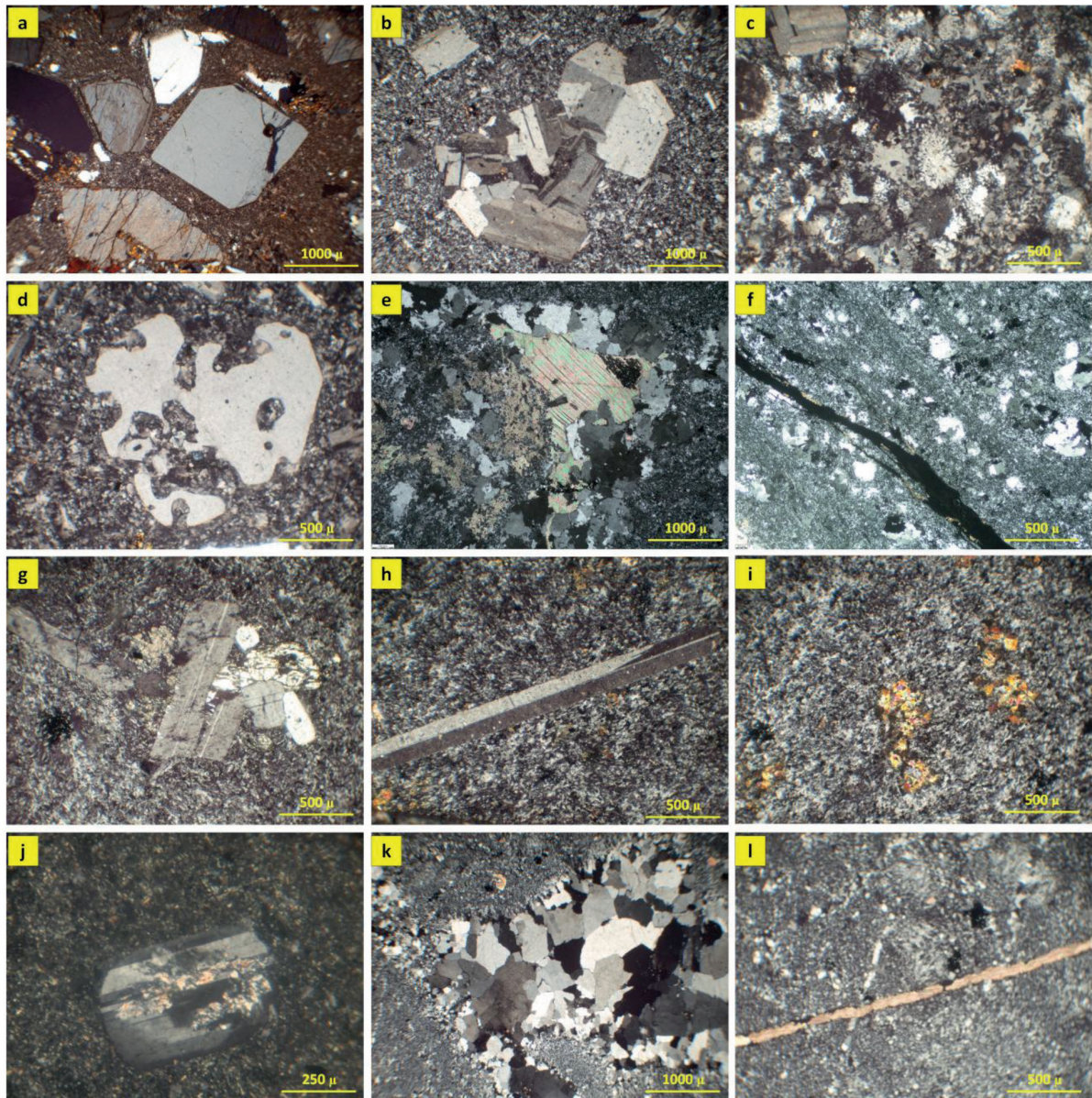
Кальцит является обычным компонентом некоторых из наиболее измененных пород. Он присутствует в пустотах, а иногда образует ядро пятна породы неправильной формы. Предполагается, что он сформировался путем замены породообразующих минералов и вулканического стекла. В некоторых частях все мафические минералы превратились в опаквые, образуя параллельные ламели, которые определяют слои (рисунок 1, *f*).

1.3. Дацит

Эта порода в основном черного цвета, имеет структуру от мелкозернистой до кристолитической с порфиловой, гломеропорфиловой, афанической и интерсертальной текстурой (рисунок 1, *g*). Данный образец состоит из плагиоклаза, кварца, ортоклаза, авгита, эпидота и хлорита, связанных в микрокристаллической матрице, состоящей из плотного слоя кварца и полевого шпата (рисунок 1, *b* и *c*). Апатит и магнетит являются наиболее распространенными аксессуарными минералами. Наблюдается значительное количество сгустков породы, которые состоят из плагиоклаза и эпидота. Мафические и непрозрачные минералы, как правило, обнаруживают в кластерах, придающих общий темный оттенок породе.

1.4. Трахит

Трахит формирует лишь небольшую часть вулканических фрагментов в исследуемой области и представлен только на выборке из объемных образцов. Изучаемые образцы имеют темно-черный цвет и мелкозернистую текстуру. Под микроскопом видно, что он микропорфиловый с несколькими плагиоклазовыми микровкраплениями в сильно измененной основной массе (рисунок 1, *g*). Порода состоит из калишпата, плагиоклазовых фенокристаллов в мелкозернистой основной массе, характеризующейся фистацитом. Плагиоклаз проявляется повсеместно как небольшими пластинами, так и призматическим вкраплением. Большинство плагиоклаза в этой измененной породе как в основной массе, так и во вкраплениях потеряло свое полисинтетическое двойникование и сильно серицитизировалось. Основные второстепенные составные части пород — пирит, магнетит и апатит. Офит и хлорит появляются на небольших участках, но, в основном, края кратера характеризуются включениями оксида железа. Опаквые массы широко представлены как по всей основной породе, так и в нескольких микровкраплениях. Ряд микрожил кварца и полевого шпата пререзают основную массу.



a) идиоморфные прозрачные кристаллы кварца и санидина в основной массе; *b)* сгусток кристаллов плагиоклаза; *c)* текстура мирмекита из срастания кварца и щелочного полевого шпата; *d)* зерно кварца с глубокими заливами, заполненными основной массой; *e)* замена кальцита в полосчатом риолите; *f)* пластинчатые риолиты с прожилками непрозрачного раствора железа, заполняющего трещины; *g)* гломеропорфировая текстура вкрапленников плагиоклаза и пироксена в каолиновую основную массу; *h)* длинные призматические кристаллы ортоклаза в основной массе; *i)* скопления кристаллов эпидота, показывающие пеструю интерференционную окраску; *j)* зонирование и пластинчатые двойникования в плагиоклазе с измененными ламеллами в сериците; *k)* полость кремния, заполненная халцедоном и кварцем, где кварц в ядре миндалинов вырос из подложки халцедона в ободке; *l)* трещина в виде вены, заполненная кальцитом, и тонкие прожилки кварца в кремнии.

Рисунок 1. Породы, расположенные в Вади Аль-Батине и его конусе

1.5. Кремний

Кремний — плотная кремнистая порода из халцедона, имеет мелкозернистую текстуру с редкими фенокристаллами и большими полостями, заполненными халцедоном и кварцем (рисунок 4). Кварц является основным и самым распространенным минералом в образцах. Иногда микрокристаллический или скрытокристаллический кварц напоминает фиброзный халцедон. Микрокристаллический

кварц обычно окружен непрозрачными примесями и гидротермальными минералами как каолинит. В некоторых образцах появляются замены жил кальцита. Кристаллизация халцедона также наблюдается в незаполненной части жилы, трещинах и мелких отверстиях.

2. Геохимия основных оксидов и микроэлементов

Выполнен анализ состава отобранных из разных частей конуса Вади Эль-Батин образ-

цов обломков горных пород. На основе геохимических данных, приведённых в таблице 1, построен ряд диаграмм дискриминации и корреляции с целью определения геохимической классификации материнских пород изучаемых вулканических обломков (рисунки 2–5).

Как правило, породы характеризуются повышенными значениями SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , Ba, Zr, Zn, Y, Rb и Sr и низкими значениями CaO, Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO, MnO, P_2O_5 , Ni, Cr, V, Nb и Cu.

Для получения соответствующей классификации мы использовали 4 диаграммы. Сводная диаграмма сравнения щелочей с диоксидом кремния [1] (рисунок 2, а) показывает, что вулканические породы Вади Эль-Батина определяют композиционный спектр от среднего до фельзитового. Они представлены риолитами, дацитами, трахитами, где

риолиты являются доминирующим типом горной породы. Диаграмма сравнения SiO_2 с K_2O (рисунок 2, б) [2] показывает, что изучаемые вулканические обломки пород относятся, без сомнения, к риолитам и дацитами. Классификация пород с использованием диаграммы сравнения Nb/Y с Zr/TiO₂ (рисунок 1, с) [3] показывает, что большинство образцов — это риолиты и щелочные риолиты с двумя образцами, нанесенными на карту в области андезита/базальта и трахита, которые с использованием основных данных по элементам были интерпретированы как дациты и риолиты соответственно. Диаграмма сравнения Zr/TiO₂ с SiO_2 [4] предполагает, что риолиты и агпаитовые риолиты являются основными типами горных пород, где участки образцов дацита и трахита чёрного цвета находятся в пределах риодацитового/дацитового и комен-

Таблица 1. Анализ главных окислов и микроэлементов вулканических пород Вади Эль-Батин в Ираке

№ образца	В-2	В-4	В-5	В-9	В-10	В-12	В-1	В-6	В-11
Тип	Риолит					Полосатый риолит	Дацит	Трахит	Желваковый кремний
Главные окислы (масс. %)									
SiO_2	69,62	72,77	71,82	77,08	70,51	75,42	65,77	67,53	78,36
Al_2O_3	13,04	13,81	14,15	11,74	12,47	13,00	15,21	14,10	10,73
TiO_2	0,52	0,24	0,19	0,11	0,37	0,14	0,85	0,55	0,14
K_2O	3,50	4,97	5,85	5,88	2,73	4,09	2,30	3,21	4,97
Fe_2O_3	4,41	2,08	2,51	1,31	5,70	1,30	6,34	6,82	2,19
MgO	0,90	0,39	0,31	0,11	0,12	0,08	1,58	0,33	0,25
Na_2O	5,31	4,78	4,49	3,58	5,47	4,85	2,93	5,14	1,78
CaO	1,41	0,46	0,20	0,05	1,26	0,90	4,50	1,79	0,28
MnO	0,10	0,05	0,03	0,01	0,16	0,05	0,13	0,21	0,05
P_2O_5	0,11	0,06	0,05	0,01	0,04	0,02	0,21	0,15	0,01
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	8,81	9,75	10,34	9,46	8,2	8,94	5,23	8,35	6,75
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	1,52	0,96	0,77	0,61	2,00	1,19	1,27	1,60	0,36
Микроэлементы (м.д.)									
Cr (ppm)	23	<10	11	<10	<10	<10	19	<10	<10
V (ppm)	61	23	51	18	<10	<10	128	10	<10
Ni (ppm)	<10	<10	<5	<10	<10	<10	<5	<10	<10
Cu (ppm)	<10	<10	<5	<10	<10	<10	<10	36	<10
Zn (ppm)	109	47	96	68	158	29	97	131	105
Rb (ppm)	97	101	92	153	68	95	58	73	129
Sr (ppm)	173	94	436	65	161	118	414	253	38
Zr (ppm)	356	221	599	230	1102	162	173	482	362
Ba (ppm)	911	705	1426	140	950	787	653	774	523
U (ppm)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	8
Th (ppm)	15	7	<5	22	7	9	<5	8	8
Y (ppm)	50	28	55	50	91	13	40	75	42
Nb (ppm)	11	12	17	34	13	10	7	12	10
Pb (ppm)	14	<10	19	16	10	16	<5	12	17
As (ppm)	<10	<10	56	26	<10	12	<5	21	<10

дитового/пантеллеритового полей соответственно (рисунок 2, *d*).

Из классификационных диаграмм и микроскопических исследований можно сделать вывод о том, что изучаемые вулканические породы доминантно риолитовые с небольшим количеством базальтовых образцов, которые вторично изменили свой состав на дациты и трахиты, как показано на диаграмме (рисунок 2).

На AFM-диаграмме [5] все риолитовые породы нанесены на схему в известково-щелочных полях (рисунок 3, *a*), в то время как дацит и трахит нанесены на толеитовое поле. Диаграмма Шэнда [6] (рисунок 3, *b*) показывает перглинозёмистую тенденцию для всех исследуемых образцов вулканических горных пород.

В соответствии с диаграммой сравнения Zr с SiO₂ и Zn с SiO₂ [7] большинство риолитовых образцов, за исключением одного образца, находятся в области А-типа, в то время как дациты — в области I-типа (рисунок 4). Известно, что риолиты А-типа образуются в анорогенных условиях, обычно в условиях со

смещением вследствие плавления нижней коры под флюсовым влиянием мантийных летучих веществ [8]. Большинство изученных риолитов, за исключением одного образца, оказались в пределах плитогранитов в диаграмме тектонической дискриминации Rb по сравнению с Nb + Y [9], в то время как дациты и один образец риолита нанесены в области гранитов вулканической дуги (рисунок 5).

2. Вторичные изменения пород

Как известно, в ходе интерпретации химических данных необходимо соблюдать некоторую осторожность из-за вторичных изменений пород. Их влияние особенно видно в исследуемых образцах под микроскопом и в геохимических анализах, как было отмечено выше. Из химических анализов (таблица 1) заметно увеличение содержания SiO₂ (в среднем 72 % масс. и выше) и Al₂O₃ (в среднем 13,1 %) и уменьшение содержания MgO (в среднем 0,45 %) и CaO (в среднем 1,2 %). Во многих вулканических сериях пород процессы диагенетических и гидротермальных изменений часто неразделимы и включают

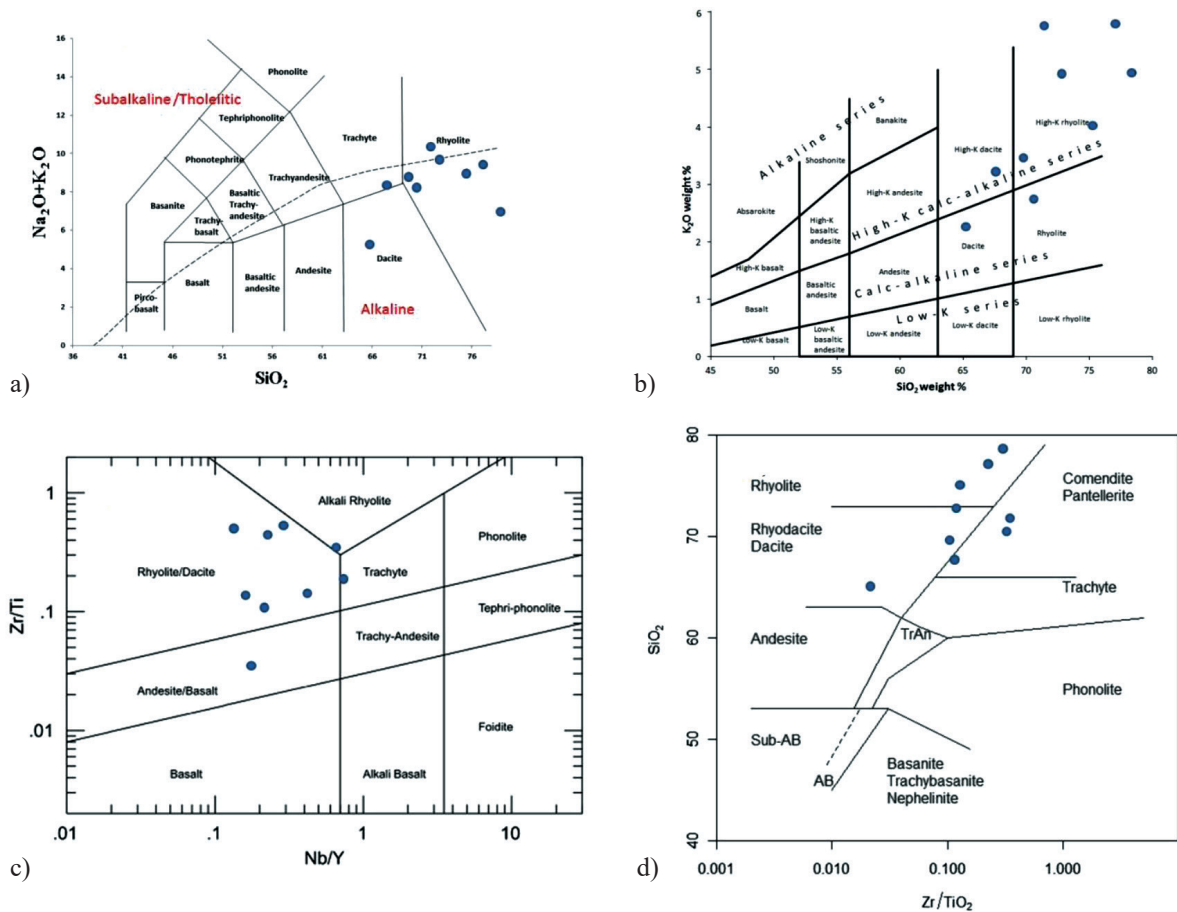
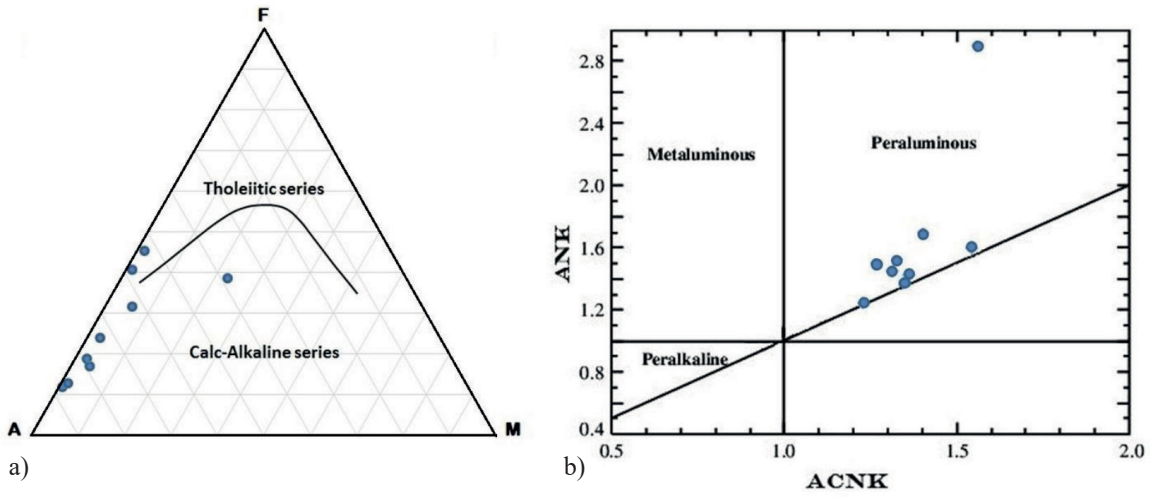


Рисунок 2. Геохимическая классификация вулканических фрагментов Вади Эль-Батин на основе главных и малых элементов: SiO₂ vs Na₂O + K₂O (a); SiO₂ vs K₂O (b); Nb/Y vs Zr/TiO₂ (c) и Zr/TiO₂ vs SiO₂ (d)



а) участок AFM показывает, что большинство фрагментов известково-щелочные;
 б) индекс Шэнда участка (ANK vs. ACNK) показывает, что все породы перглинозёмистые
Рисунок 3. Геохимический характер вулканических фрагментов Вади Эль-Батин

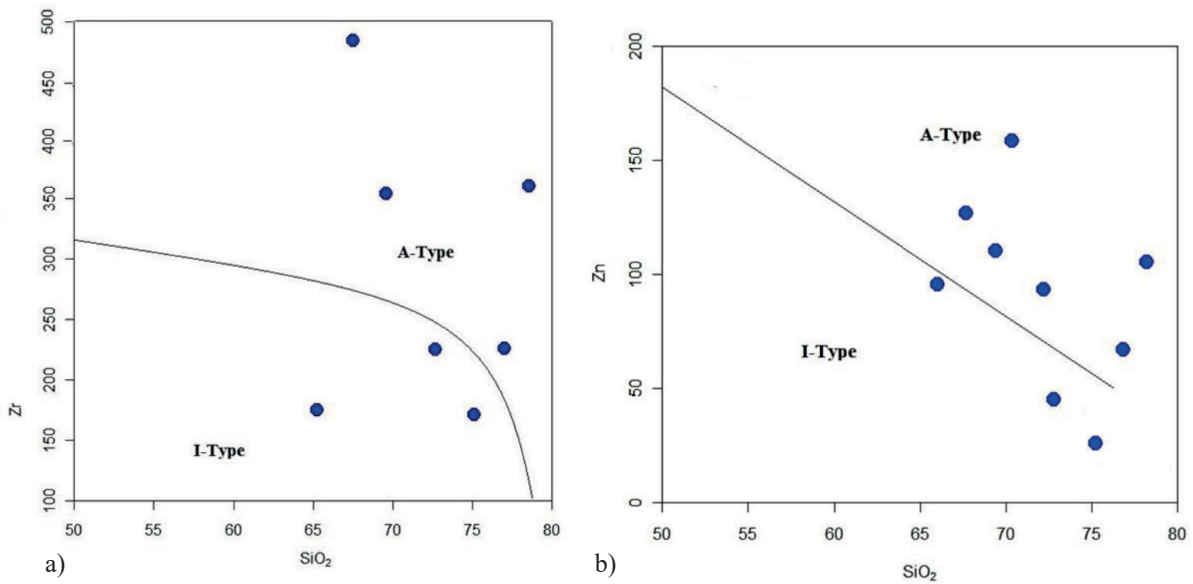


Рисунок 4. Диаграммы Zr vs SiO₂ (а) и В- Zn vs SiO₂ (б)

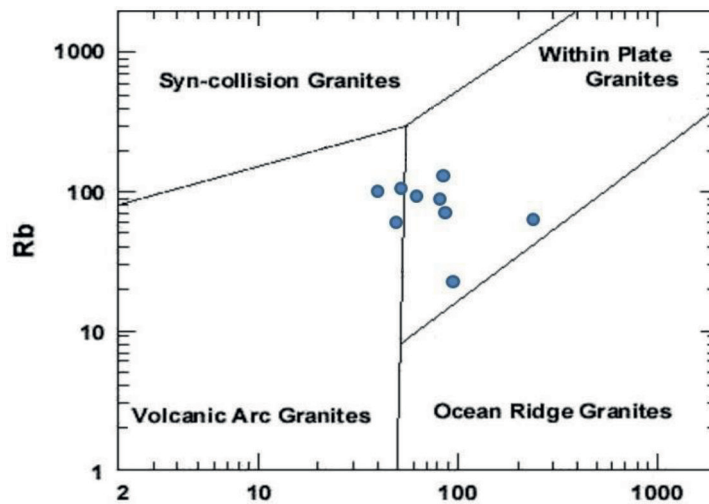


Рисунок 5. Диаграмма Rb vs Y+ Nb

растворение, замену и осаждение минералов из растворов [10]. Но в целом, риолиты более устойчивы к атмосферным воздействиям во время наземного переноса, чем базальт, что объясняет почти полное отсутствие обломков базальтовых пород в этом районе. Относительная стабильность кремниевых вулканитов выше, чем у мафических вулканитов благодаря тому, что калишпат является более стабильным, чем Са-плагиоклаз, а, с другой стороны, кварц и мусковит являются более стабильными, чем оливин, пироксен и амфибол, что известно из реакций по Боуэну [11].

Процессов выветривания оказалось достаточно, чтобы вызвать потерю более чем 50 % некоторых катионов (в том числе > 50 % MgO и MnO, а также ~38 % Fe₂O₃ и 34 % CaO), что приводит к ослаблению первоначальной прочности образцов наполовину. По нашим наблюдениям, образцы чёрного цвета, которые геохимически были рассмотрены как дациты и трахиты, потеряли количество Mg, Fe, Са и Mn, но увеличили содержание Si и Al, что существенно повлияло на геохимическую классификацию и номенклатуру [12]. Эти дацитовые и трахитовые образцы тёмно-серого цвета имеют толеитовую природу, из чего можно предположить, что они изначально были базальтовой природы. Диаграмма Nb/Y по сравнению с Zr/TiO₂ [13] подтверждает предположение о том, что дацитовый чёрный образец изначально являлся магматическим базальтом или андезитом.

Выводы

Красновато-коричневые и тёмноокрашенные образцы вулканической породы широко

распространены в Вади Эль-Батин на территории Ирака. Образцы красноватого цвета главным образом являются риолитами, в то время как тёмные представляют трахит, дацит и сланец. Риолиты являются типичными примерами известково-щелочной перглинозёмистой вулканической породы и проявляют геохимические характеристики анорогенных внутриплитовых сред. С другой стороны, трахит и дацит являются толеитовыми перглинозёмами и имеют геохимические характеристики орогенного дугового типа. Таким образом, подтверждается, что обломки пород Вади Эль-Батин поступили из высокогорья западной и северо-западной Саудовской Аравии, где преобладают коренные риолиты, имеющие значительное сходство с риолитами Вади Эль-Батин.

Выражение благодарности

Авторы признательны за поддержку при проведении полевых работ Хариту Аль-Абдали (Harth Al-Abdali) и полковнику Важди Хазааль (Wajdi Khaza'al).

Авторы выражают благодарность Российскому государственному геологоразведочному университету за предоставление лабораторий, особая благодарность профессорам А.К. Корсакову, А.А. Верчебе и В.А. Утенкову, доцентам А.К. Наравасу и С.А. Соколову. Благодарим ведущего научного сотрудника Лаборатории радиогеологии и радиогеоэкологии Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН А.П. Алёшина за помощь в проведении химического анализа пород.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram // Journal of Petrology. 1986. No. 27. P. 745–750.
2. Ewart A. Petrogenesis of the Tertiary Anorogenic Volcanic Series of Southern Queensland, Australia, in the Light of Trace Element Geochemistry and O, Sr and Pb Isotopes // Journal of Petrology. 1982. No. 23. P. 244–282.
3. Pearce J.A. A User's Guide to Basalt Discrimination Diagrams // Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks (D.A. Wyman, ed.). Geol. Assoc. Can., Short Course Notes. 1996. No. 12. P. 79–114.
4. Winchester J.A., Floyd P.A. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and their Differentiation Products Using Immobile Elements // Chemical Geology. 1977. No. 20. P. 325–343.

5. Irvine T.N., Baragar W.R. A. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks // Canadian Journal of Earth Sciences. 1971. No. 8. P. 523–548.
6. Maniar P.A., Piccoli P.M. Tectonic Discrimination of Granitoids // Bull. Geol. Soc. Am. 1989. No. 101. P. 635–643.
7. Collins W.J., Beams S.D., White A.J.R., Chappel B.W. Nature and Origin of A-Type Granites with Particular Reference to Southeastern Australia // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1982. No. 80. P. 180–200.
8. Bailey D.K. Experimental Petrology Relating to Oversaturated Peralkaline Volcanic Rocks: a Review // Bull. Volcanol. 1974. No. 38. P. 635–652.
9. Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. Trace-Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic-Rocks // J. Petrol. 1984. No. 25. P. 956–983.

10. Noh J.H., Boles J.R. Diagenetic Alteration of Perlite in the Guryongpo Area, Republic of Korea // *Clays and Clay Minerals*. 1989. No. 37. P. 47–58.

11. Tucker M.E. *Sedimentary Petrology: an Introduction*. USA, Halsted Press, 1981, 252 p.

12. Thomson B.J., Hurowitz J.A., Baker L.L., Bridges N.T., Lennon A.M., Paulsen G., Zacny K. The Effects of Weathering on the Strength and Chemistry of Columbia River Basalts and their Implications for Mars Exploration Rover Rock Abrasion Tool (RAT) Results // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2014, No. 400. P. 130–144.

13. Powers R.W., Ramirez L.F., Bedmond C.D., Alberge E.L. *Sedimentary Geology of Saudi Arabia // Geology of Arabian Peninsula*. U.S.G.S. Profess. 1966. Paper 560 — D, P. 99–141.

REFERENCES

1. Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali–Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 1986, No. 27, pp. 745–750.

2. Ewart A. Petrogenesis of the Tertiary Anorogenic Volcanic Series of Southern Queensland, Australia, in the Light of Trace Element Geochemistry and O, Sr and Pb Isotopes. *Journal of Petrology*, 1982, No. 23, pp. 244–282.

3. Pearce J.A. A User's Guide to Basalt Discrimination Diagrams. *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks (D.A. Wyman, ed.)*. *Geol. Assoc. Can., Short Course Notes*. 1996, No. 12, pp. 79–114.

4. Winchester J.A., Floyd P.A. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and their Differentiation Products Using Immobile Elements. *Chemical Geology*, 1977, No. 20, pp. 325–343.

5. Irvine T.N., Baragar W.R. A. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 1971, No. 8, pp. 523–548.

6. Maniar P.A., Piccoli P.M. Tectonic Discrimination of Granitoids. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1989, No. 101, pp. 635–643.

7. Collins W.J., Beams S.D., White A.J.R., Chappel B.W. Nature and Origin of A-Type Granites with Particular Reference to Southeastern Australia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1982, No. 80, pp. 180–200.

8. Bailey D.K. Experimental Petrology Relating to Oversaturated Peralkaline Volcanic Rocks: a Review. *Bull. Volcanol*, 1974, No. 38, pp. 635–652.

9. Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. Trace-Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic-Rocks. *J. Petrol.*, 1984, No. 25, pp. 956–983.

10. Noh J.H., Boles J.R. Diagenetic Alteration of Perlite in the Guryongpo Area, Republic of Korea. *Clays and Clay Minerals*, 1989, No. 37, pp. 47–58.

11. Tucker M.E. *Sedimentary Petrology: an Introduction*. USA, Halsted Press, 1981, 252 p.

12. Thomson B.J., Hurowitz J.A., Baker L.L., Bridges N.T., Lennon A.M., Paulsen G., Zacny K. The Effects of Weathering on the Strength and Chemistry of Columbia River Basalts and their Implications for Mars Exploration Rover Rock Abrasion Tool (RAT) Results. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2014, No. 400, pp. 130–144.

13. Powers R.W., Ramirez L.F., Bedmond C.D., Alberge E.L. *Sedimentary Geology of Saudi Arabia. Geology of Arabian Peninsula*. U.S.G.S. Profess., 1966, Paper 560 — D, pp. 99–141.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ ABOUT THE AUTHORS

Махмуд Абделхалим, Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ РГГРУ), Москва, Российская Федерация, Университет Файюм, кафедра геологии, факультет естественных наук, Файюм, Египет

Abdelhalim S. Mahmoud, Russian State Geological Prospecting University (MGRI RSGPU), Moscow, Russian Federation, Department of Geology, Faculty of Sciences, Fayom University, Egypt

e-mail: asm07@fayoum.edu.eg

Аль-Гурейри Ахмад, Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ РГГРУ), Москва, Российская Федерация, Аль-Кадисия Университет, Ирак

Ahmad Y. Al-Gurairy, Russian State Geological Prospecting University (MGRI RSGPU), Moscow, Russian Federation, University of Al Qadisiyah, Iraq

e-mail: ahmad.yasien@mail.ru