العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية و التركيب الكيميائي في صخور الفونولايت والتراكايت بجبل كاف ابوغنوش في منطقة غريان بشمال غرب ليبيا

د.النوري المبروك رمضان [1]، أ.عماد يوسف الاشخم [2]، د.محمد راشد إمباشي [3]

[1] قسم الجيولوجيا – كلية العلوم– جامعة الزاوية.

[2, 3] قسم الهندسة الجيولوجية– كلية هندسة النفط والغاز– جامعة الزاوية.

ملخص:

أجريت هذه الدراسة لتحديد دراسة العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية والتركيب الكيميائي لصخور الفونولايت والتراكايت بجبل كاف ابوغنوش في منطقة غريان بشمال غرب ليبيا. أكدت الدراسة بوجود علاقة طردية قوية بين المغناطيسية والكثافة في جميع أنواع الصخور الخاضعة

للدراسة، حيث تراوحت قيمة معامل الارتباط من 0.6 إلى 0.9. وكذلك علاقة طردية قوية بين الاكاسيد الكيميائية (ألحديديكFe_2O_3، والماغنيسيوم MgO، والفسفور P_2O_5، والكالسيوم CaO)، وكلا من الكثافة والقابلية المغناطيسية، حيث تتراوح قيمة معامل الارتباط من 0.5+ إلى 0.9+.

كما أثبتت الدراسة بوجود علاقة عكسية قوية بين الاكاسيد الكيميائية (السليكون SiO_2 والصوديوم Na_2O والبوتاسيوم K_2O) وكلا من الكثافة والقابلية المغناطيسية، حيث تتراوح قيمة معامل الارتباط ما بين 0.5- إلى 0.9-.

أكدت هذه الدراسة أن العلاقة القوية بين التركيب الكيميائي والخواص البتروفيزيائية (القابلية المغناطيسية والكثافة) للصخور الثلاثة يمكن أن تساعد في تصنيف (أو تقسيم أو تمييز) صخور التراكايت والفونولايت في منطقة الدراسة. كما تم الحصول على معادلات الانحدار Regression equations، التي من خلالها يمكن معرفة (أو التنبؤ) قيمة تركيز بعض الأكاسيد الكيميائية بمعلومية القابلية المغناطيسية أو الكثافة بنسبة احتمال تصل الى 95%.

مقدمة:

تعتبرا خاصيتي القابلية المغناطيسية Magnetic Susceptibility والكثافة Density من أهم الخواص البتروفيزيائية المستعملة لدراسة صخور طبقات القشرة الأرضية، وتعرف القابلية المغناطيسية بقدرة المادة على التمغنط (المغنطة) تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي [3.2,1]. و يعبر عنها رياضيا بالمعادلة الآتية:

$$K = \frac{M}{H}$$

حيث أن:

K– القابلية المغناطيسية (Magnetic Susceptibility)، وهي مقدار لا وحده له.

M–شدة التمغنط (المغنطة) (Intensity of Magnetization)، ووحدتها أمبير/متر A/m.

H–شدة المجال المغناطيسي الخارجي (Intensity of Magnetic Field)، وحدتها أمبير/متر A/m.

تتوقف القابلية المغناطيسية بشكل رئيسي على نوعية وكمية المعادن الحديدية المغناطيسية مثل المجنيتايت Magnetite والهيماتايت Hematite والالمينايت Ilmenite والتيتان مجنيتايت Titano-magnetite [6,5,4].

الكثافة Density هي عبارة عن نسبة وحدة الكتلة إلى وحدة الحجم ويعبر عنها رياضيا بالمعادلة الآتية:

$$\delta = \frac{m}{V}$$

حيث أن :

δ– الكثافة (جم/سم^3)

m- الكتلة (جم)

V- الحجم (سم^3)

ومن المعروف أن كثافة الصخور تتوقف على كثافة المعادن المكونة لها، حيث تتراوح كثافة المعادن المكونة للصخور النارية من 2.14جم/سم^3 إلى 3.40جم/سم^3، وكثافة المعدن تتوقف على التركيب الكيميائي ونوعية البنية البلورية [9,8,7].

وفي هذا الصدد أثبت العديد من الباحثين ومن بينهم (Aydini, 2007) أن كل من القابلية المغناطيسية و الكثافة تتوقف على التركيب الكيميائي والمعدني للصخور[10].

الهدف من الدراسة

يهدف هذا البحث لدراسة علاقة التركيب الكيمائي بالكثافة Density والقابلية المغناطيسية Magnetic Susceptibility في صخور الفونولايت والتراكايت بجبل كاف ابوغنوش في منطقة غريان بشمال غرب ليبيا، حيث تعتبر هذه الدراسة المتواضعة الأولى من نوعها لهذا الموضوع في المنطقة.

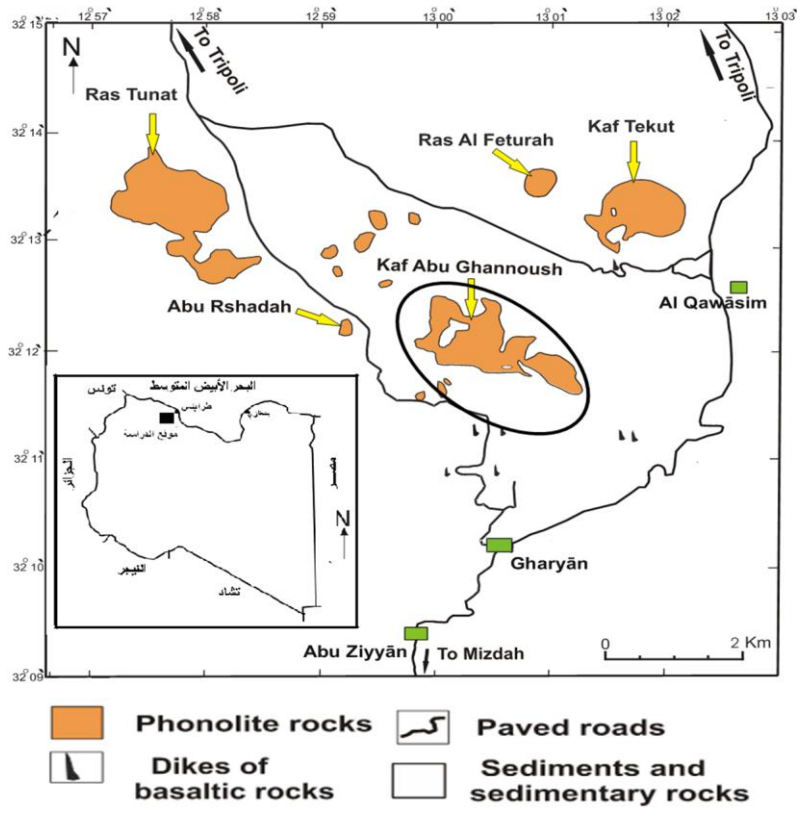
جمع العينات وطريقة القياس

تم تجميع عدد (25) عينة مختلفة من صخور الفونولايت والتراكايت، من قبل (الاشخم، 2013)، وأجريت التحاليل الكيميائية بمعامل جامعة ادنبره في بريطانيا وذلك بطريقة XFR. تمت عملية قياس الكثافة و القابلية المغناطيسية في معامل قسم الهندسة الجيولوجية – كلية هندسة النفط والغاز بجامعة الزاوية باستخدام جهاز Magnetic Susceptibility Meter (MS 2)، حيث كانت وحدة قياس الكثافة جم/سم^3، ووحدة قياس التأثيرية المغناطيسية في النظام العالمي SI.

جيولوجيه منطقة الدراسة

تقع منطقة كاف ابوغنوش وبالتحديد في ما يسمى بقبة غريان في الشمال الغربي من ليبيا (شكل1). يمثل كاف أبوغنوش Kaf Abu Ghannoush كتلة صخريه نارية غير متجانسة وغير منتظمة الشكل، وبعمر يقدر بحوالي 40 مليون سنه. يعتبر كاف أبوغنوش من اكبر الأجسام النارية الواقعة شمال مدينه غريان، حيث يبلغ امتداده من الشرق إلى الغرب حوالي2.5 كيلومتر، وامتداده من الشمال إلى الجنوب ما يقارب 1.25 كيلومتر، ويرتفع على مستوى سطح البحر بحوالي 634 متر. تتوضع صخور كاف أبوغنوش كباقي صخور الفونولايت والتراكايت بمنطقة غريان على هيئه أجسام ناريه منفصلة ذات مظهر قبابي نتيجة لارتفاع نسبة اللزوجة فيها [13,12,11].

صخور الفونولايت بنوعيه الناعم والبروفيري وصخور التراكايت هي تركيبه كاف أبوغنوش الصخرية الأساسية، ويتوضع الفونولايت الناعم في الكتلة الرئيسية في المنتصف بينما يتكشف الفونولايت البورفيري في الكتلتين الصخريتين الجانبيتين (الجزء الجنوبي الشرقي و الجزء الشمالي الغربي)، أما صخور التراكايت فهي تتكشف في أماكن محدودة جنوب منطقة الدراسة.



شكل (1): الموقع الجغرافي والخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة، (Gray, C., 1971).

التركيب المعدني والكيميائي

تتكون صخور الفونولايت والتراكايت أساسا من معادن الفلدسبار البوتاسي (ساندين Sanidine وأنورثوكليز Anorthoclase) والبيروكسين القلوي (أوجايت Augite ، والايجيرين Aegirine ، والايجيرين – اوجايت Aegirine-augite) والأمفيبول الصودي والنيفيلين وبعض المعادن الداكنة اللون، ويوضح الجدول (1) التركيب المعدني للصخور[14] .

تتميز صخور الفونولايت البورفيري عن التراكايت والفونولايت الناعم بظهور البلورات الكبيرة من الفلدسبار البوتاسي (ساندين Sanidine وأنورثوكليز Anorthoclase) والنفلين Nepheline والبيروكسين القلوي (أوجايت Augite ، والايجيرين –أوجايت Aegirine-augite) والامفيبول الصودي وكميات بسيطة من معادن السفين Sphene والأباتايت Apatite، والايجيرين Aegirine. أما الأرضية الناعمة (Groundmass) لصخور الفونولايت البورفيري تتكون تقريبا من نفس المعادن سالفة الذكر.

وتشبه صخور الفونولايت الناعم إلى حد كبير تركيب الأرضية الناعمة الفونولايت البورفيري إلا أن بعض العينات تزيد فيها نسبة الايجيرين وأكاسيد الحديد، بالإضافة لظهور بلورات صغيره لمعدن الصودلايت Sodalite في بعض العينات.

كما تتكون صخور التراكايت بشكل أساسي من الفلدسبار البوتاسي ومعادن الفلدسباثويد (نفلين و صودلايت) ونسبه من البيروكسين القلوي (الايجرينAegirine) ولكن بكمية اقل من ما هو موجود في نوعي الفونولايت السالفة الذكر.

نلاحظ من خلال الجدول (2)، أن صخور التراكايت Trachytes تتميز عن بقية الصخور الأخرى بمعدلات عالية نسبيا من أكاسيد السليكون (SiO_2 =62.02%)، والماغنيسيوم (MgO=0.217%)، والكالسيوم (CaO=1.04%)، والتيتانيوم (TiO_2=0.305%)، والفسفور (P_2O_5=0.031%)، وكذلك بمعدلات منخفضة نسبيا من الأكاسيد القلوية (Na_2O+K_2O=12.842%)، وأكسيد الألمنيوم (Al_2O_3=18.68%)، ونسبة متوسطة من أكسيد ألحديديك (Fe_2O_3=2.87%).

أما صخور الفونولايت البورفيري Porphyritic Phonolites فهي بعكس صخور التراكايت مع بعض الاختلاف في نسب بعض الأكاسيد الكيميائية، حيث أنها تحوي على معدلات أقل نسبيا من أكاسيد السليكون (SiO_2 =58.44%)، وألحديديك (Fe_2O_3=2.55%)، والكالسيوم (CaO=0.84%)، والفسفور (P_2O_5=0.022%)، وكذلك بمعدلات عالية نسبيا من الأكاسيد القلوية (Na_2O+K_2O=15.09%)، وأكسيد الألمنيوم (Al_2O_3=20.38%)، ونسبة متوسطة من أكاسيد الماغنيسيوم (MgO=0.087)، وأكسيد التيتانيوم (TiO_2=0.23%).

تتميز صخور الفونولايت الدقيق Aphanitic Phonolites بمعدلات عالية نسبيا من أكسيد الحديديك (Fe_2O_3=3.14%)، وأكسيد المنجنيز (MnO=0.235%) مقارنة بباقي الأنواع، وبمعدلات منخفضة نسبيا من أكسيد الماغنيسيوم (MgO=0.013%)، أما باقي الأكاسيد فهي نسب وسطية مابين صخور التراكايت والفونولايت البورفيري.

القابلية المغناطيسية والكثافة

نلاحظ من خلال تحليل الجدول (2) أن أكبر قابلية مغناطيسية لصخور التراكايت Trachyte، وبمتوسط $537x10^{-5}$ ، وتقل في صخور الفونولايت الدقيق Aphanitic phonolite لتصل إلى $121x10^{-5}$، وفي صخور الفونولايت البورفيري Porphyritic phonolite $97x10^{-5}$.

أكبر كثافة لصخور الفونولايت الدقيق وتصل إلى معدل 2.89جم/سم^3، بينما كثافة التراكايت و الفونولايت البورفيري فهي متساوية تقريبا وتبلغ 2.7جم/سم^3.

جدول (1) التركيب المعدني للصخور (الاشخم، 2013).

Rock type	(Mineralogy Phenocryst/microphenocryst)			groundmass
	Primary	Accessory	Secondary	
Porphyritic Phonolite	alkali feldspars (sanidine and anorthoclase), nepheline, alkali pyroxene (augite, aegirine, aegirine sodic amphibole augite), (kaersutite and arvedsonite).	sodalite, analcime, sphene, and apatite.	zeolite (natrolite), analcime and iron oxides.	alkali feldspars (sanidine and anorthoclase), nepheline, alkali pyroxene (aegirine and aegirine-augite), kaolinite, sericite and iron–oxides.
Aphanitic phonolite	alkali feldspars (sanidine and anorthoclase), sodalite, nepheline and alkali pyroxene (aegirine).	alkaline pyroxene (augite and aegirine-aegirine), apatite, sphene and sodic amphibole (mainly kaersutite).	analcime, sodic amphibole and iron oxides.	alkali feldspars (sanidine and anorthoclase), nepheline, alkali pyroxene (mainly aegirine), sodalite and iron–oxides.
Trachyte	alkali feldspars (anorthoclase and sanidine), alkali pyroxene (aegirine and aegirine-augite).	apatite and iron oxides ±quartz.	analcime, sodic amphibole and iron oxides.	alkali feldspars (anorthoclase and sanidine), alkali pyroxene (aegirine and aegirine-augite), sodic amphibole, kaolinite, sericite and iron–oxides.

جدول (2) المعاملات الإحصائية للأكاسيد الكيميائية والقابلية المغناطيسية والكثافة لصخور منطقة الدراسة.

	Trachyte التراكايت		Aphanitic phonolite الفونولايت الدقيق		Porphyritic phonolite الفونولايت البرفيري	
	المتوسط الحسابي Mean	التباين Variance	المتوسط الحسابي Mean	التباين Variance	المتوسط الحسابي Mean	التباين Variance
SiO_2	62.02	0.051	59.05	0.194	58.44	0.424
Al_2O_3	18.68	0.048	19.60	0.043	20.38	0.135
Fe_2O_3	2.87	7.69E-03	3.14	2.68E-05	2.55	8.9E-05
MgO	0.217	9.16E-05	0.013	1.03E-04	0.087	1.84E-04
CaO	1.04	6.66E-05	0.92	0.018	0.84	1.49E-03
Na_2O	7.17	1.16E-03	9.04	0.157	9.54	2.11E-03
K_2O	5.66	3.46E-04	5.20	1.34E-04	5.54	3.68E-03
TiO_2	0.305	9.28E-04	0.165	3.07E-06	0.23	4.14E-04
MnO	0.192	1.36E-04	0.235	2.28E-05	0.18	6.21E-05
P_2O_5	0.031	1.66E-06	0.018	1.04E-05	0.022	1.96E-05
التأثيرية المغناطيسية $[10^{-5}]$	537.68	0.00156	121.23	0.009722	97.32	0.02069
الكثافة	2.73	9.09E-03	2.89	2.04E-03	2.70	3.20E-03
$Na_2O+ K_2O$	12.842	2.14E-03	14.253	0.1612	15.09	0.01015
$+ MgO+ Fe_2O_3$ MnO	3.282	6.59E-03	3.39136	2.581E-04	2.823	6.99E-04

النتائج والمناقشة:

تمت معالجة البيانات بالحاسوب باستخدام برنامج إحصائي SPSS (الإصدار الثامن لسنة 1989)، حيث تم الحصول على جداول إحصائية، وأشكال مختلفة توضح علاقة التركيب الكيميائي بالكثافة والقابلية المغناطيسية لصخور منطقة الدراسة.

من خلال تحليل الجدول (2) المعاملات الإحصائية للقابلية المغناطيسية والكثافة للصخور نلاحظ أن معدل القابلية المغناطيسية يزداد من صخور الفونولايت البورفيري $97x10^{-5}$ إلى صخور الفونولايت الدقيق $121x10^{-5}$، ليصل إلى $537x10^{-5}$ في صخور التراكايت. ويقابل هذه الزيادة في المغناطيسية نقصان في التباين Variance من الفونولايت البورفيري 0.02069 إلى الفونولايت الدقيق 0.009722، ليصل إلى 0.00156 في صخور التراكايت. يرجع التباين العالي في صخور الفونولايت البورفيري إلى نسيجها الصخري المتباين أو البورفيري Porphyritic texture. وأما في صخور التراكايت لها تباين Variance منخفض، وذلك لان لها نسيج صخري دقيق.

القابلية المغناطيسية العالية لصخور التراكايت أعلى نسبيا من صخور الفونولايت الناعم، وعلى الرغم من أن الأولى تحوي على أكسيد حديديك أقل من الثانية، وهذا يشير إلى أن النسبة الكبيرة من أكسيد الحديديك في التراكايت توجد على هيئة معدن المجنيتايت الذي له قابلية مغناطيسية عالية. بينما النسبة الكبيرة من أكسيد الحديديك في الفونولايت الناعم فيوجد على هيئة معادن ذات قابلية مغناطيسية منخفضة نسبيا مثل الهيماتيت والالمينايت والامفيبول والبيروكسين.

نلاحظ أيضا أن القابلية المغناطيسية العالية لصخور التراكايت يصاحبها زيادة في نسبة أكسيدي الفسفور P_2O_5 والكالسيوم CaO، وذلك بسبب أنهما يدخلان في تركيب معدن الأباتايت Apatite، والذي يرافق معدن المجنيتايت في صخور التراكايت، حيث تزداد نسبة معدن الأباتايت كلما زادت نسبة معدن المجنيتايت[18,17,16,15]. تباين Variance تراكيز الأكاسيد السابقة الذكر عالية نسبيا في صخور الفونولايت البورفيري، والتي يصاحبها أيضا تباين عالي في القابلية المغناطيسية. إن نسيج صخور الفونولايت البورفيري (المتباين) Porphyritic texture، أدى إلى تباين تركيز هذه

الأكاسيد الكيميائية. أما صخور التراكايت والفونولايت الناعم لهما نسيج صخري دقيق، ولذلك تباين Variance هذه الأكاسيد منخفض نسبيا.

نسبة أكسيد الألمونيوم Al_2O_3 والأكاسيد القلوية NaO_2+K_2O منخفضة نسبيا في التراكايت مقارنة بالفونولايت، ولكن تقابلهم زيادة في نسبة أكسيد ألحديديك Fe_2O_3 (والمتمثلة في معدن المجنيتايت) في الأولى، لذلك نجد القابلية المغناطيسية عالية نسبيا لصخور التراكايت.

أعلى كثافة تتميز بها صخور الفونولايت الدقيق Aphanitic phonolite، والتي تقدر بحوالي 2.89جم/سم^3 مقارنة بالصخور الأخرى، ويرجع السبب أن صخور الفونولايت الدقيق بها نسبة عالية من الأكاسيد الداكنة ($Fe_2O_3+MgO+MnO=3.40\%$)، والتي تدخل في تركيب المعادن الحديدية العالية الكثافة نسبيا. نلاحظ أيضا أن التباين Variance في هذه الصخور منخفض، وذلك بسبب أن تباين تركيز هذه الأكاسيد أيضا منخفض، وهذا يدل على أن هذه الأكاسيد الداكنة هي من إحدى العوامل التي تؤثر على معدل الكثافة وتباينها Variance.

لتوضيح وفهم علاقة التركيب الكيميائي بالقابلية المغناطيسية والكثافة تم حساب معامل الارتباط كما هو موضح في الجداول (5,4,3) وكذلك تم رسم الأشكال (5,4,3) التي توضح قوة تلك العلاقة.

من خلال التحليل البسيط للجداول (5,4,3) نلاحظ أن هناك علاقة طرديه قوية بين القابلية المغناطيسية والكثافة في جميع أنواع الصخور الخاضعة للدراسة، حيث تتراوح قيمة معامل الارتباط من 0.6 إلى 0.9.

أن وجود هذه العلاقة القوية الطردية بين الكثافة والقابلية المغناطيسية في كل أنواع الصخور يرجع إلى أن المعادن الحديدية العالية الكثافة مثل المجنيتايت والهيماتايت والأمفيبول لها قابلية مغناطيسية عالية، وأما المعادن المنخفضة الكثافة مثل السنادين والنفيلين والبلاجيوكليز لها قابلية مغناطيسية منخفضة.

توجد علاقة عكسية قوية بين كل من أكاسيد السليكون SiO_2 والصوديوم Na_2O والبوتاسيوم K_2O والقابلية المغناطيسية، حيث تتراوح قيمة معامل الارتباط من 0.5- إلى 0.8-، وعلاقة عكسية أيضا بين تلك الأكاسيد والكثافة، والتي تتراوح قيمة معامل الارتباط فيه ما بين 0.5- إلى 0.9-، وهذا يرجع إلى أن هذه الأكاسيد وخاصة القلوية تدخل في تركيب معادن الفلدسبار التي لها قابلية مغناطيسية منخفضة وذات كثافة صغيرة نسبيا. أي بمعنى انه كلما زاد تركيز هذه الأكاسيد قلت قيمة كلا من القابلية المغناطيسية والكثافة.

تزداد كلا من القابلية المغناطيسية والكثافة بزيادة نسبة كلا من أكاسيد ألحديديك Fe_2O_3 و الماغنيسيوم MgO، وهذا يوضح العلاقة الطردية القوية بينهم، حيث تتراوح قيمة معامل الارتباط من 0.5+ إلى 0.9+. إن هذه الأكاسيد تدخل في تركيب المعادن الحديدية وخاصة المغناطيسية منها، والتي لها كثافة وقابلية مغناطيسية عاليتين، ولذلك نلاحظ وجود مثل هذه العلاقة بين تلك الأكاسيد والكثافة والقابلية المغناطيسية.

تتأثر كلا من القابلية المغناطيسية والكثافة أيضا بزيادة نسبة كلا من أكسيدي الفسفور P_2O_5 والكالسيوم CaO، حيث تتراوح قيمة معامل الارتباط من 0.5+ إلى 0.9+. أكسيد الفسفور وجزء من أكسيد الكالسيوم يدخلان في تركيب معدن الأباتايت Apatite، ويجب الإشارة هنا إلى أن معدن

الأباتايت له تأثير غير مباشر على القابلية المغناطيسية والكثافة، حيث أن الأباتايت له قابلية مغناطيسية وكثافة منخفضتين، ولكن معدن الأباتايت يترافق (يتواجد) مع المعادن الحديدية وخاصة المغناطيسية منها مثل المجنيتايت في الصخور النارية وخاصة القلوية منها، ولهذا السبب نجد انه كلما زادت نسبة كل من أكسيدي الفسفور P_2O_5 والكالسيوم CaO تزداد قيم القابلية المغناطيسية والكثافة.

أن وجود العلاقة القوية بين التركيب الكيميائي والخواص البتروفيزيائية (القابلية المغناطيسية والكثافة) للصخور الثلاثة يمكن أن تساعد في تصنيف (أو تقسيم أو تمييز) صخور التراكايت والفونولايت في منطقة الدراسة، وذلك باستعمال الأشكال (4,3,2)، كما تساعد وجود هذه العلاقة القوية أيضا في التنبؤ expected (توقع أو معرفة) بنسب الأكاسيد الكيميائية من خلال قيمة الكثافة أو والقابلية المغناطيسية، وذلك باستعمال طريقة تحليل الانحدار Regression analysis، حيث تكون نتيجة هذا التحليل هو معادلة تربط بين الخواص المدروسة وتسمى معادلة الانحدار Regression equation، والتي من خلالها يمكن معرفة (أو التنبؤ أو توقع) بقيمة إحدى الخواص بمعلومية الأخرى وبنسبة احتمالية معينة[21,20,19]. تم حساب معادلات الانحدار لبعض الأكاسيد الكيميائية التي لها علاقة قوية (طردية أو عكسية) بالكثافة والقابلية المغناطيسية باحتمالية 95% جدول (6).

جدول (3): معامل الارتباط بين الاكاسيد الكيميائية و الخواص البتروفيزيائية (الكثافة والتأثيرية المغناطيسية) في صخور التراكايت بمنطقة غريان

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	Mag.Supt*	Den**.
SiO_2	1.0	0.8	-0.7	-0.7	-0.9	0.9	0.7	0.1	0.5	-0.6	-0.7	-0.9
Al_2O_3	0.8	1.0	-0.8	-0.7	-0.7	0.7	0.8	-0.1	0.9	-0.9	-0.9	-0.9
Fe_2O_3	-0.7	-0.8	1.0	0.4	0.8	-0.5	-0.9	-0.4	-0.9	0.8	0.9	0.9
MgO	-0.7	-0.7	0.4	1.0	0.4	-0.8	-0.3	0.5	-0.5	0.6	0.7	0.7
CaO	-0.9	-0.7	0.8	0.4	1.0	-0.7	-0.8	-0.4	-0.6	0.6	0.7	0.8
Na_2O	0.9	0.7	-0.5	-0.8	-0.7	1.0	0.5	-0.2	0.3	-0.5	-0.6	-0.8
K_2O	0.7	0.8	-0.9	-0.3	-0.8	0.5	1.0	0.5	0.9	-0.8	-0.8	-0.9
TiO_2	0.1	-0.1	-0.4	0.5	-0.4	-0.2	0.5	1.0	0.2	0.1	-0.1	-0.1
MnO	0.5	0.9	-0.9	-0.5	-0.6	0.3	0.9	0.2	1.0	-0.9	-0.9	-0.8
P_2O_5	-0.6	-0.9	0.8	0.6	0.6	-0.5	-0.8	0.1	-0.9	1.0	0.9	0.8
Mag_Supt*	-0.7	-0.9	0.9	0.7	0.7	-0.6	-0.8	-0.1	-0.9	0.9	1.0	0.9
Den*.	-0.9	-0.9	0.9	0.7	0.8	-0.8	-0.9	-0.1	-0.8	0.8	0.9	1.0

Mag.Supt*- Magnetic Susceptibility, SI, $x10^{-5}$ التأثيرية المغناطيسية Den**. Density, g/cm^3 ; الكثافة

جدول (4): معامل الارتباط بين الاكاسيد الكيميائية و الخواص البتروفيزيائية (الكثافة والتأثيرية المغناطيسية) في صخور الفونولايت بمنطقة غريان

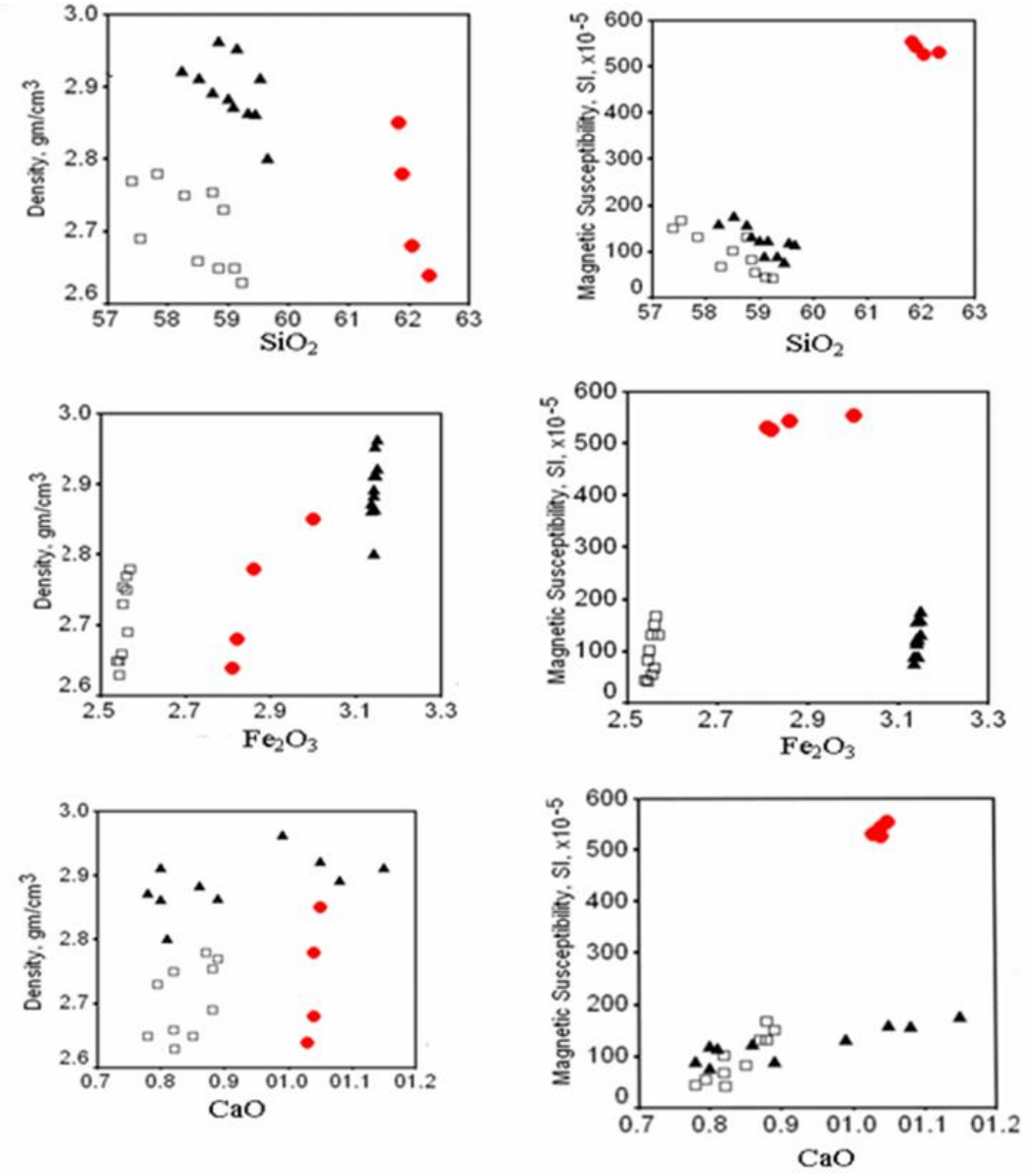
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	Mag.Supt*	Den**.
SiO_2	1.0	0.6	-0.5	-0.5	-0.5	0.4	0.5	-0.3	-0.1	-0.3	-0.7	-0.5
Al_2O_3	0.6	1.0	-0.3	-0.7	-0.4	0.3	0.4	-0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.5
Fe_2O_3	-0.5	-0.3	1.0	0.6	0.6	-0.5	-0.4	0.4	0.2	0.5	0.6	0.5
MgO	-0.5	-0.7	0.6	1.0	0.5	-0.5	-0.3	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5
CaO	-0.5	-0.4	0.6	0.5	1.0	-0.6	-0.3	0.3	0.1	0.5	0.7	0.5
Na_2O	0.4	0.3	-0.5	-0.5	-0.6	1.0	0.3	-0.3	-0.1	-0.6	-0.5	-0.5
K_2O	0.5	0.4	-0.5	-0.3	-0.3	0.3	1.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5
TiO_2	-0.3	-0.1	0.4	0.2	0.3	-0.3	-0.2	1.0	-0.1	0.1	0.2	0.2
MnO	-0.1	-0.2	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.4	-0.1	1.0	0.1	0.1	0.1
P_2O_5	-0.3	-0.3	0.5	0.5	0.5	-0.6	-0.3	0.1	0.1	1.0	0.5	0.6
Mag_Supt*	-0.7	-0.5	0.6	0.5	0.7	-0.5	-0.5	0.2	0.1	0.5	1.0	0.6
Den**.	-0.5	-0.5	0.5	0.5	0.5	-0.5	-0.5	0.2	0.1	0.6	0.6	1.0

Mag.Supt*- Magnetic Susceptibility, SI, x10^{-5} التأثيرية المغناطيسية Den. Density, g/cm^3 ; الكثافة**

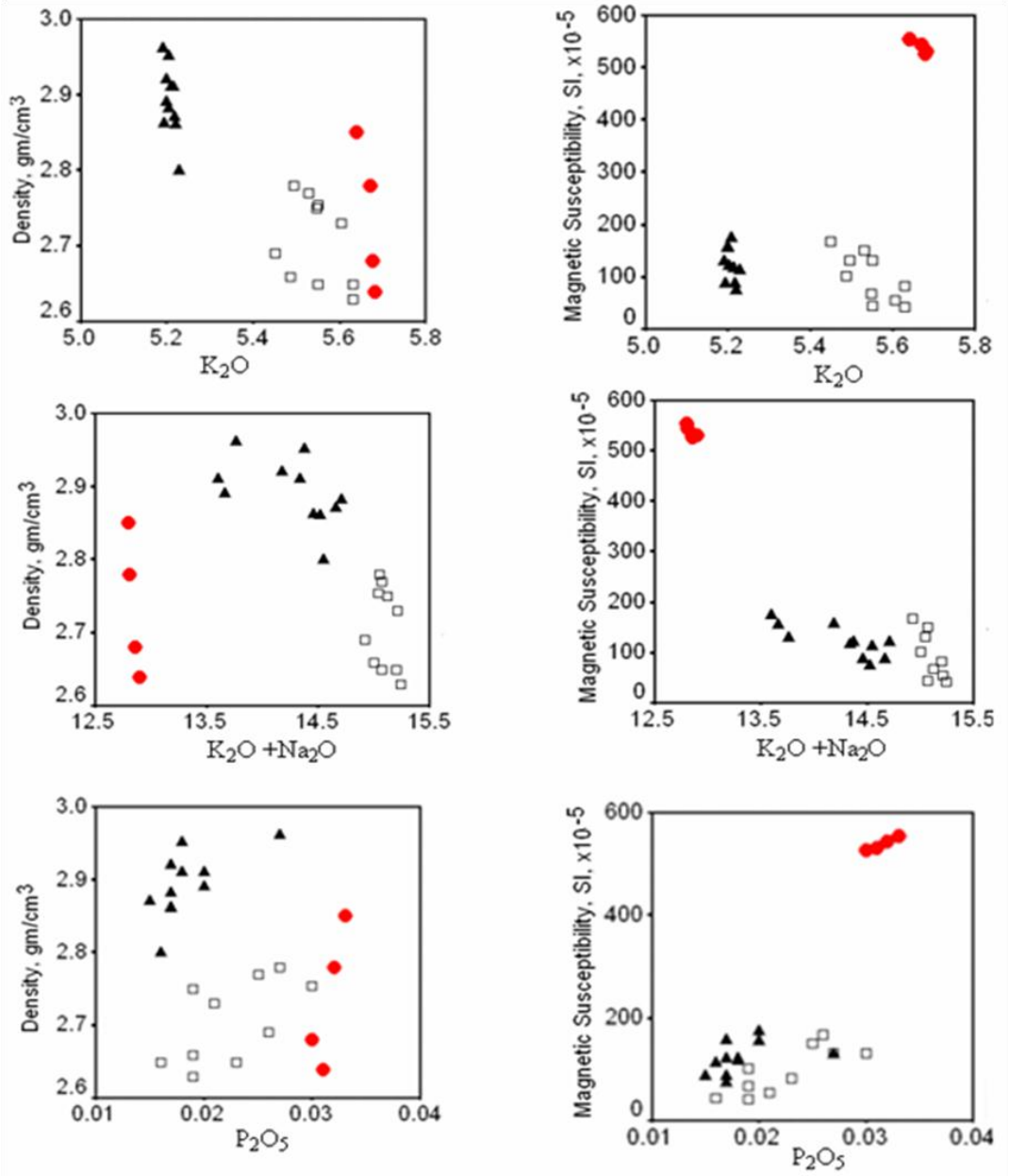
جدول (5): معامل الارتباط بين الأكاسيد الكيميائية و الخواص البتروفيزيائية (الكثافة والتأثيرية المغناطيسية) في صخور الفونولايت البورفيري بمنطقة غريان

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	Mag.Supt*	Den**.
SiO_2	1.0	-0.2	-0.6	-0.5	-0.6	0.4	0.6	0.8	-0.5	-0.4	-0.7	-0.6
Al_2O_3	-0.2	1.0	0.4	0.2	0.5	0.1	-0.1	-0.1	0.4	0.5	0.2	0.4
Fe_2O_3	-0.6	0.4	1.0	0.5	0.3	-0.2	-0.5	-0.6	0.4	0.5	0.7	0.7
MgO	-0.5	0.2	0.5	1.0	0.4	-0.4	-0.5	-0.4	0.3	0.4	0.6	0.5
CaO	-0.6	0.5	0.3	0.4	1.0	-0.3	-0.2	-0.5	0.3	0.6	0.7	0.5
Na_2O	0.4	0.01	-0.2	-0.4	-0.3	1.0	0.5	0.5	-0.2	-0.3	-0.6	-0.5
K_2O	0.6	-0.1	-0.5	-0.5	-0.2	0.5	1.0	0.6	-0.4	-0.2	-0.5	-0.5
TiO_2	0.8	-0.1	-0.6	-0.4	-0.5	0.5	0.6	1.0	-0.4	-0.4	-0.8	-0.5
MnO	-0.5	0.41	0.4	0.3	0.3	-0.2	-0.4	-0.4	1.0	0.2	0.3	0.6
P_2O_5	-0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	-0.3	-0.2	-0.4	0.2	1.0	0.6	0.5
Mag_Supt*	-0.7	0.2	0.7	0.6	0.7	-0.6	-0.5	-0.8	0.3	0.6	1.0	0.6
Den**.	-0.6	0.4	0.7	0.5	0.5	-0.5	-0.5	-0.5	0.6	0.5	0.6	1.0

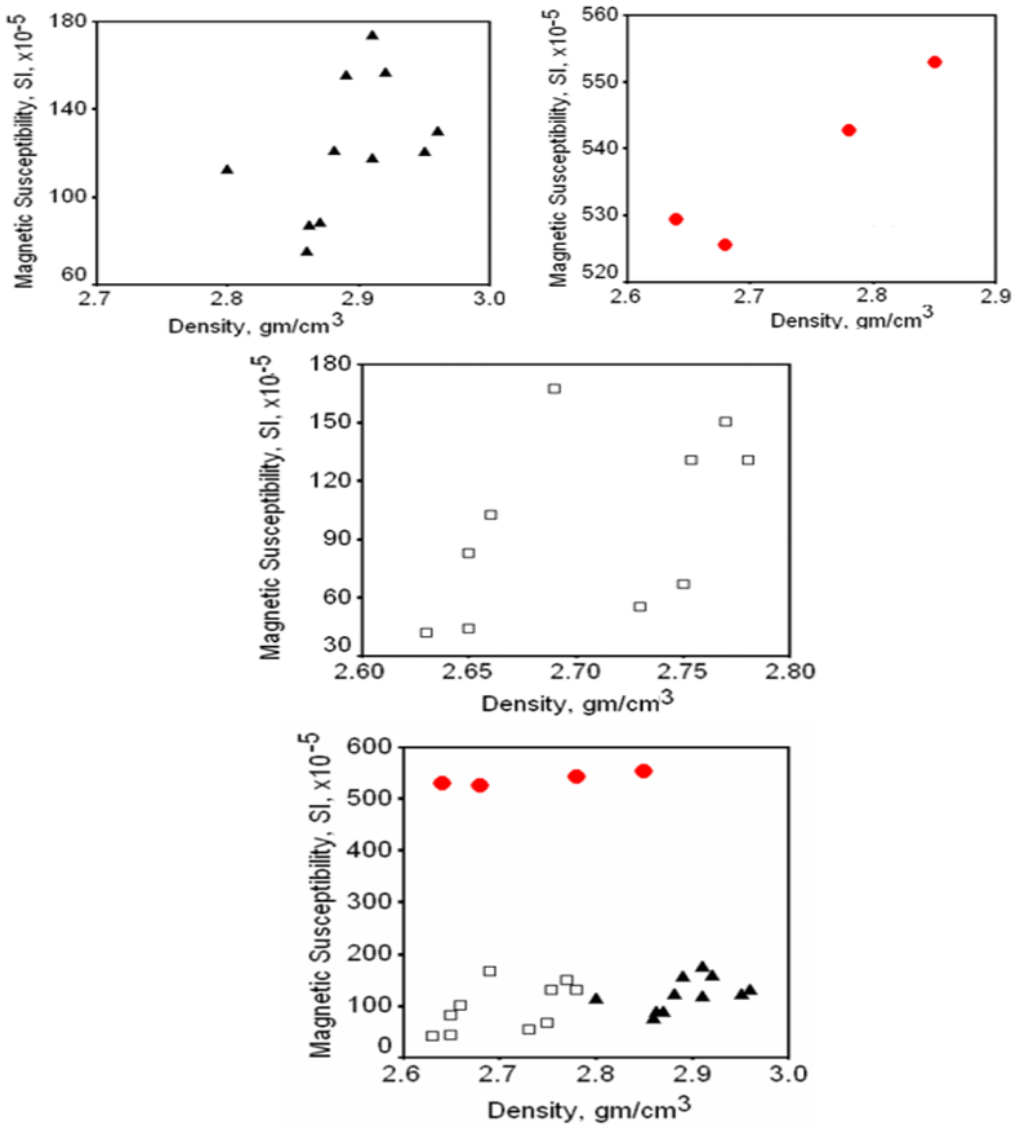
Mag.Supt*- Magnetic Susceptibility, SI, $x10^{-5}$ التأثيرية المغناطيسية Den**. Density, g/cm^3 ; الكثافة



شكل:(2) العلاقة بين أكاسيد (CaO, Fe_2O_3, SiO_2) والقابلية المغناطيسية و الكثافة في صخور
● التراكايت □ الفونولايت البورفيري ▲ الفونولايت الدقيق في جبل كاف أبوغنوش بمنطقة غريان في شمال غرب ليبيا



شكل:(3).العلاقة بين أكاسيد (P_2O_5 ,$(K_2O+Na2O)$, K_2O) والقابلية المغناطيسية و الكثافة في صخور
● التراكايت □ الفونولايت البورفيري ▲ الفونولايت الدقيق في جبل كاف أبوغنوش بمنطقة غريان في شمال غرب ليبيا



شكل:(4) العلاقة بين القابلية المغناطيسية و الكثافة في صخور
(●) التراكايت، (▲) والفونولايت الدفيق ، (□) و الفونولايت البورفيري
في جبل كاف أبوغنوش بمنطقة غريان في شمال غرب ليبيا

جدول (6): يوضح بعض معادلات الانحدار للكثافة والقابلية المغناطيسية وبعض الأكاسيد الكيميائية لصخور منطقة الدراسة.

Trachyte التراكايت	Aphanitic phonolite الفونولايت الدقيق	Porphyritic phonolite الفونولايت البرفيري
Den = - 1.19 + 0.00730 K	Den11 = 2.81 +0.000664 K	Den10 = 2.65 +0.000621 K
SiO_2 = 69.5 - 0.0139 K SiO_2 = 68.0 - 2.18 Den	SiO_2 = 60.4 - 0.0107 K SiO_2 = 74.3 - 5.29 Den	SiO_2 = 59.6 - 0.0121 K SiO_2 = 77.6 - 7.09 Den
Fe_2O_3 = - 0.60 + 0.00645 K Fe_2O_3 = 0.572 + 0.841 Den	Fe_2O_3= 3.13 +0.000112 K Fe_2O_3= 2.93 + 0.0721 Den	Fe_2O_3= 2.54 +0.000146 K Fe_2O_3= 2.19 + 0.135 Den
CaO = 0.771 +0.000501 K CaO = 0.829 + 0.0770 Den	CaO = 0.468 + 0.00364 K CaO = - 2.16 + 1.06 Den	CaO = 0.767 +0.000761 K CaO = - 0.079 + 0.340 Den
P_2O_5 = - 0.023 +0.000101 K P_2O_5 = - 0.0011 + 0.0119 Den	P_2O_5 = 0.0133 +0.000042 K P_2O_5 = - 0.114 + 0.0458 Den	P_2O_5 = 0.0149 +0.000078 K P_2O_5 = - 0.105 + 0.0471 Den
K_2O = 6.39 - 0.00134 K K_2O = 6.15 - 0.176 Den	K_2O = 5.22 -0.000118 K K_2O = 5.69 - 0.167 Den	K_2O = 5.64 -0.000965 K K_2O = 6.51 - 0.356 Den
Na_2O = 8.13 - 0.00178 K Na_2O = 7.96 - 0.288 Den	Na_2O = 10.2 - 0.00984 K Na_2O = 21.8 - 4.41 Den	Na_2O = 9.61 -0.00070 K Na_2O = 9.74 - 0.073 Den

Den– الكثافة

K– القابلية المغناطيسية

الاستنتاجات

1- تزداد القابلية المغناطيسية من صخور الفونولايت البورفيري $97x10^{-5}$ إلى صخور الفونولايت الدقيق $121x10^{-5}$، ليصل إلى $537x10^{-5}$ في صخور التراكايت.

2- يقابل الزيادة في المغناطيسية نقصان في التباين Variance من الفونولايت البورفيري 0.02069 إلى الفونولايت الدقيق 0.009722، ليصل إلى 0.00156 في صخور التراكايت. يرجع التباين العالي في صخور الفونولايت البورفيري إلى نسيجها الصخري المتباين أو البورفيري Porphyritic texture. وأما في صخور التراكايت لها تباين Variance منخفض، وذلك لان لها نسيج صخري دقيق.

3- أعلى كثافة تتميز بها صخور الفونولايت الدقيق Aphanitic phonolite، والتي تقدر بحوالي 2.89جم/سم^3 مقارنة بالصخور الأخرى.

4- توجد علاقة عكسية قوية بين الأكاسيد (السليكون SiO_2 والصوديوم Na_2O والبوتاسيوم K_2O) وكل من القابلية المغناطيسية والكثافة.

5- توجد علاقة طرديه قوية بين الأكاسيد (الحديديك Fe2O3 والماغنيسيوم MgO والفسفور P_2O_5 والكالسيوم CaO) وكل من القابلية المغناطيسية والكثافة.

6- توجد علاقة طرديه قوية بين القابلية المغناطيسية والكثافة في جميع أنواع الصخور.

7- يمكن استعمال العلاقة بين الكثافة والقابلية المغناطيسية في تصنيف صخور الفونولايت والتراكايت في منطقة الدراسة.

Refernces

1-Lowrie, W., Fundamentals of Geophysics, Second Edition, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.

2-Campbell, W.H, Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.

3-Dunlop, D. J. and Özdemir, Ö., Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers, Cambridge, Cambridge University Press, 1997.

4-Bleil, V. and Petersen, N., Magnetic properties of natural minerals; Paramagnetism. In: Landolt-Boernstein, Numerical data and functional relationships in science and technology, Group V, vol. 1, subvol. b, 312-320. Springer Verlag Berlin, 1982.

5-Dortman, N.B., Physical properties of rocks and mineral deposits (in Russian). Nedra, Moscow, 1984.

6- Sharma P.V., Geophysical Methods in Geology. Second Edition. Elsevier Science Publishing Co, In. 1986.

7-Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. and Keys, D. A., Applied Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge, 1976.

8-Carmichael, R. S., Magnetic properties of minerals and rocks: CRC Handbook of Physical Properties of Rocks, 1982, Vol. 2.

9-Opdyke, N. D. and Channell, J. E. T., Magnetic Stratigraphy, San Diego, CA: Academic Press, 1996.

10- Aydın A., Ferr´e E. C., and Aslan Z., The magnetic susceptibility of granitic rocks as a proxy for geochemical composition: Example from the Saruhan granitoids, NE Turkey; Tectonophysics. 2007,Vol. 441, P. 85–95.

11-Gray, C., Structure and origin of the Gharyan domes, In: Gray, C. (ed), Symposium on the geology of Libya, University of Libya, Tripoli, 1971, P. 307-319.

12-El Hinnawy, M. and Cheshitiv, G., Geological map of Libya, (1:250,000) Sheet: Tripoli (NI 33-13)., Explanatory booklet for the Geological Map of Libya., Industrial Research Centre, Tripoli, 1975.

13-Busrewil, M.T. and Wadsworth, W.J., Tertiary-Quaternary alkaline-subalkaline magmatism in Gharyan Area – field aspects and petrography, J.Petrol.Res., 1996, Vol. 8, P. 13-23

14-Alashkham E. Y., *Petrology Of Kaf Abu Ghannoush Trachytes And Phonolites, Gharyan Area, NW Libya. M. Sc. Thesis, Geology Department, Tripoli University, 2013, 99 p.*

15.Jensen M., Bateman A. M., Economic Mineral Deposits (3erd ed), New York, John Wiley & Sons, 1979.

16. Beus A.A and Grigorian S. V., Geochemical Exploration Methods For Mineral Deposits, Applied Publishing LTD, USA, 1977.

17.Kajdan A.A. Principles of prediction and exploration for Mineral Deposits, Nedra, Moscow, 1985.

18- Smirnov, V., Geology of mineral deposits. Nedra. Moscow, 1982.

19-Davis J.C. Statistics and data analysis in Geology, Third Edition, Wiley & Sons , Inc, 2002.

20-Borradaile, G. J., Statistics of Earth Science Data. New York, Springer, 2003.

21-Koch G.S. and Link R.F, Statistical analysis of geological data - Dover, Inc., New York, 2002.