

## توصيف خام الزيوليت في منطقة بانياس

الدكتورة ندى سلمان\*

الدكتورة سميرة سليمان\*\*

(تاريخ الإيداع 4 / 12 / 2016. قُبل للنشر في 30 / 3 / 2017)

### □ ملخص □

تم توصيف التوضعات الحاملة للزيوليت في منطقة بانياس عن طريق دراسة العينة A (وهي مزيج على شكل مسحوق لعينات من خمسة مواقع مختلفة من مستويات طفية وطفيتية متباينة) ومقارنتها مع العينة B (المأخوذة من موقع بساتين الأسود ضمن منطقة الدراسة).

أظهرت نتائج قياس انعراج الأشعة السينية بطريقة المسحوق XRD وجود عدة أطوار فلزية زيوليتية، بالإضافة إلى فلزات غير زيوليتية وزجاج بركاني غير متبلور. أظهر طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR سمة عامة للمجموعات الزيوليتية. بيّن التحليل الحراري التفاضلي DTA ثباتاً ضمن حدود استقرار البنات الزيوليتية. حسبت المساحة السطحية النوعية بطريقة BET وأعطت القيمة  $87\text{m}^2/\text{g}$ ، كما حسب مجال توزع حجم المسام وكان بحدود  $40\text{Å}$ ، ومتوسط قطر المسام بحدود  $23\text{Å}$ .

أظهرت دراسة العينة المرجعية B بطريقة الـ XRD وجود أطوار زيوليتية مختلفة إلى حد ما عن العينة A. بيّن طيف FTIR سمة عامة لما تبديه المجموعات الزيوليتية. تبين من خلال منحنيات DTA ثبات حراري عالٍ للعينة B، ومساحة سطحية نوعية بقيمة  $61\text{m}^2/\text{g}$ ، وتوزع حجم المسام  $40\text{Å}$ ، ومتوسط قطر المسام في العينة بحدود  $25\text{Å}$ .

**الكلمات المفتاحية:** بانياس، زيوليت، خصائص تركيبية، خصائص كيميائية

\* مدرس - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.  
\*\* أستاذ مساعد - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Characterization of Zeolite Ore in Banyas Region

Dr. Nada Salman\*  
Dr. Samira Solieman\*\*

(Received 4 / 12 / 2016. Accepted 30 / 3 / 2017)

### □ ABSTRACT □

Zeolite bearing deposits were characterized in Banyas region using sample A (which is a powdered mixture taken from five tuff and tuffite levels) compared with sample B (which is taken from Basatin Al-Assad site within the studied region).

XRD method showed several zeolite phases in addition to non-zeolite minerals and volcanic glass. FTIR method revealed a general feature of zeolite groups. DTA method showed a range within zeolite structure stability. Specific surface area was measured using BET method giving the value  $87\text{m}^2/\text{g}$ . The range of pore volume distribution was also calculated with  $\sim 40\text{Å}$ , and intermediate pore diameter of  $\sim 23\text{Å}$ .

XRD study of the standard sample (B) showed slightly different zeolite phases from A. FTIR measurement showed same results as in A. DTA plots revealed a high stability of sample B,  $S_{\text{BET}}$  of  $61\text{m}^2/\text{g}$ ,  $V_{\text{P}}$  around  $40\text{Å}$  and  $r$  at  $\sim 25\text{Å}$ .

**Keywords:** Banyas, Zeolite, Compositional properties, Chemical properties

---

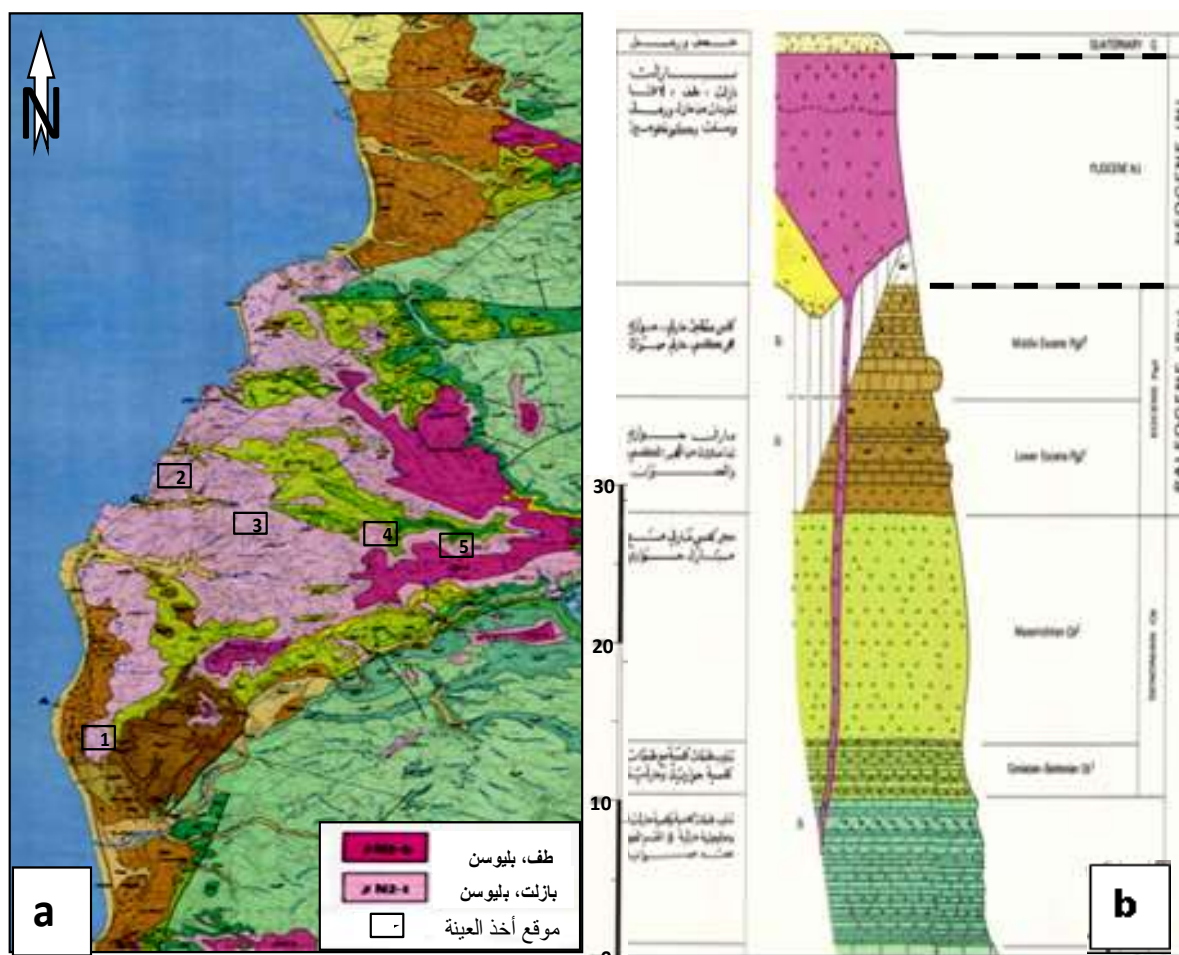
\* Assistant Professor-Department of Geology - Faculty of science - Tishreen university- Lattakia - Syria.

\*\* Associate Professor-Department of Chemistry- Faculty of sciences- Tishreen university - Lattakia - Syria.

## مقدمة

الزئوليتات هي مواد متبلورة ذات تركيب ألومينوسيليكاتي مؤلفة من ترتيب ثلاثي الأبعاد لرباعيات الوجوه السيليكاتية  $SiO_4$  والألومينية  $AlO_4$  على شكل أقفاص وقنوات واسعة تعطئها ميزات بالغة الأهمية في العمليات الفيزيا-كيميائية [1]. تعدّ الصخور البركانية المعرّضة للتجوية في بيئات مائية ضحلة عالية القلوية مصدراً لتشكّل خام الزئوليت الطبيعي.

تشكّل الصخور البركانية المنتشرة في رقعة بانياس الجيولوجية أغطية بازلتية متوضعة على قمم التلال وتصل حتى شاطئ البحر (الشكل 1)، وهي مؤلفة من مواد بيروكلاستية (بركانية-رسوبية) في الأسفل يتوجها في كل المناطق لافا بازلتية بسماكة تتراوح من (20-30) م وقد تصل إلى حوالي (100) م في بعض الحالات وتكون اللافا مؤلفة في معظم الأحيان من بازلت أوليفيني [2]، [3].



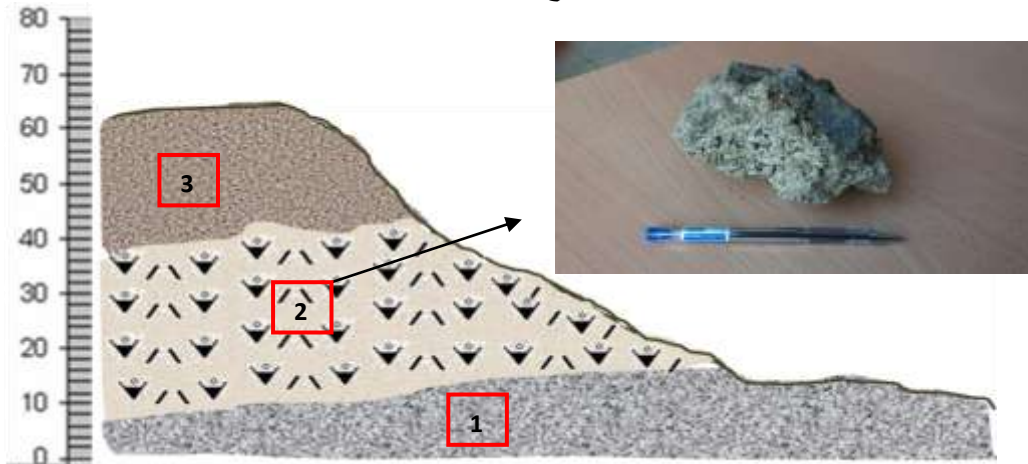
الشكل (1)؛ الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة (a) بمقياس 50000/1 والتي يظهر فيها مواقع أخذ العينات [4]، والعمود الطبقي المرفوع فيها (b).

تعود المواد البركانية إلى فترات نشاط بركاني تلتها فترة هدوء تعرّضت خلالها المواد البيروكلاستية للتعرية وبدلً على ذلك ظهور اختلاف في ميول واتجاهات هذه المواد وكذلك في ألوانها حيث تكون ذات لون أسود في

الأسفل وبنى في الأعلى. يعتقد أن الفتحات البركانية كانت قريبة من الشاطئ خلال فترة النشاط البركاني حيث توضع المواد البيروكلاستيكية بتوافق فوق الصخور الرسوبية المغمورة بالماء والتي تتراوح أعمارها من السينونيان إلى البليوسين الأسفل، وهذه الفتحات البركانية كانت أحياناً على شكل شقوق تخرج منها المواد البركانية وهي بيئة مناسبة لتشكل الزيوليت. كذلك كانت بعض الهيجانات شديدة بحيث كانت تقذف معها بعض البلوكات من الصخور الرسوبية البليوسينية، إضافة لوجود تداخل لعدة طبقات من رسوبيات البليوسين مع المواد البيروكلاستية، وتعود هذه التوضعات إلى البليوسين حيث تتوضع أحياناً فوق صخور البليوسين الأدنى الرسوبية ويتوجهها في معظم المناطق المصاطب الرباعية، ولقد أعطاه الروس عمر البليوسين [2]. أشارت دراسة أخرى بأن العمر المطلق لهضبة بانياس البازلتية يقدر بـ  $(5.4 \pm 0.2 \text{ Ma})$  [4].

في دراسة سابقة تم رفع عدة مقاطع جيولوجية من خمسة مواقع ضمن الرقعة المذكورة وتم جمع عينات للدراسة بغية تحديد محتواها الفلزي. أظهرت الدراسة وجود أطوار زيوليتية متنوعة إضافة إلى وجود فلزات غير زيوليتية أغلبها سيليكاتي و أومينوسيليكاتي، بالإضافة إلى فلز الكالسيت [5].

يمثل الشكل (2) مقطع لأحد المواقع التي أخذت منها عينات للدراسة السابقة [5] الواقع ضمن الإحداثيات ( $E:35^\circ 55' 15''$ ؛  $N:35^\circ 08' 15''$ ) الممثل بالموقع (2) في الشكل (1) وهو موقع بساتين الأسد الذي يشكل جبهة تكشف شمال غرب - جنوب شرق بطول 60m وارتفاع من 40-50m.



الشكل (2)؛ مقطع لموقع بساتين الأسد، ومكان سحب العينة (المستوي 2).

يظهر في الطبيعة من الأسفل مستوي من الطف وهو عبارة عن حطام بازلتية تتخلله بعض الشقوق المملوءة برواسب ثانوية بارتفاع 7m (الشكل 1-2)، يليه مستوي من الطفيت مكون من حطاميات متباينة الأبعاد (بركانية-رسوبية) يظهر عليه فعل التعرية والتجوية على شكل أخاديد تعطي بروزات للمكونات القاسية وتداخلات للمكونات الطرية (ظهر عليها الفساد أكثر) وهو بسماكة 35m، وقد سحبت منه العينة المرجعية B (الشكل 2-2) ويتوج بمستوي من الطف البركاني المتماسك والذي يميز عن المستوي الأول من خلال اللون بشكل عام (الشكل 2-3). تمثل التغيرات اللونية اختلاف في درجات تقدم الفساد ونضوج النواتج البازلتية ومن ضمنها الزيوليت [5].

## أهمية البحث وأهدافه:

يعدّ خام الزيوليت الطبيعي ذو أهمية اقتصادية كبيرة نظراً لتمتعه ببنيات بلورية فراغية ذات قنوات وفجوات كبيرة تلعب دوراً هاماً في العمليات الفيزيا-كيميائية كعمليات التبادل الشاردي، وعمليات التحفيز الكيميائي ما يجعلها مادة هامة مستخدمة في مجالات زراعية وصناعية وبيئية متنوعة. من هنا أتت أهمية هذا البحث في إجراء دراسة خام طبيعي متوفر محلياً في منطقة الدراسة وصولاً إلى إجراء توصيف عام للخام وبالتالي إمكانية توجيه استثماره بما يتناسب مع تركيبه وخصائصه.

## طرائق البحث ومواده:

حضرت عينة الدراسة بخلط نسب متساوية من مسحوق الخام على شكل مزيج (بحدود 1g من كل عينة) مأخوذ من المواقع الخمس السابقة [5] وأعطيت الرمز (A)، وكان الهدف من إعداد هذه العينة المختلطة إعطاء صفة عامة للخام المنتشر ضمن منطقة الدراسة عند توصيف هذا الخام.

أخذت عينة أخرى من موقع واحد هو بساتين الأسد (الشكل 1-الموقع 2) ضمن منطقة الدراسة كعينة مرجعية بغية مقارنة مواصفاتها مع مواصفات العينة المختلطة؛ وأعطيت الرمز (B)، من أجل تحديد الاختلافات بينهما، أو إمكانية تمتعهما بصفات عامة واحدة، وذلك لكون لكون صخور مقطع بساتين الأسد تمتاز عن المقاطع في المواقع الأخرى بكونها تبدي تغير لوني أكثر وضوحاً ناتج عن فساد عميق للبازلت وذات مظهر هش ومفكك؛ ما يدلّ على إمكانية احتوائه على أطوار زيوليتية أكثر تنوعاً.

استخدمت عدة طرائق لدراسة كلا العينتين A و B من الناحيتين التركيبية - الفلزية والكيميائية لأجل توصيف الخام وتحديد خصائصه.

استخدم المجهر الاستقطابي من نوع SCOMP-35 والمزود بكاميرا ديجيتال نوع نيكون للدراسة البتروغرافية (كلية العلوم - جامعة تشرين). صنعت شرائح رقيقة لدراسة العينة B المرجعية (قبل السحق) بالضوء المستقطب بوضعية مقطبين متعامدين. يذكر أن صنع الشرائح المجهرية يحتاج لعينة صخرية متماسكة (B) ولا يمكن صنعها من المسحوق الصخري كما هو عليه الحال في العينة المدروسة A باعتبارها مزيج لعدة عينات لا يمكن تحضيرها إلا بعد عملية السحق.

تم استخدام جهاز قياس انعراج الأشعة السينية بطريقة المسحوق (X.R.D ) X-RAY Powder (Diffraction Method) من نوع STOE STADI (هيئة الطاقة الذرية). تم توليد الأشعة باستخدام مصعد نحاس بطول موجة  $\lambda_{K\alpha 1} = 1.540 \text{ \AA}$  ضمن مجال لزواوية الانعكاس  $2\theta$  ما بين  $4^\circ$  و  $90^\circ$ . حضرت العينة على شكل مسحوق بغية تحديد الأطوار المولفة لها والتعرف إلى التركيب الفلزي للعينة المدروسة بشكل دقيق ومفصل.

استخدم مطياف الأشعة تحت الحمراء (Infrared spectroscopy) FTIR من نوع Jasco 410 في المجال  $400-4000 \text{ cm}^{-1}$  (كلية العلوم - جامعة تشرين) لأجل تحديد البنى الداخلية المميزة للزيوليت. تم تحضير العينة من 1mg من مسحوق العينة مع 200mg من مادة KBr، وذلك لتشكيل قرص شفاف عن طريق الكبس بالضغط.

أجري التحليل الحراري التفاضلي (DTA-TG) باستخدام جهاز من نوع Labsys، شركة SETARAM (كلية العلوم - جامعة تشرين) وذلك بأخذ 60mg من العينة المسحوقة ووضعها في بوتقة من البلاتين. تم التسخين

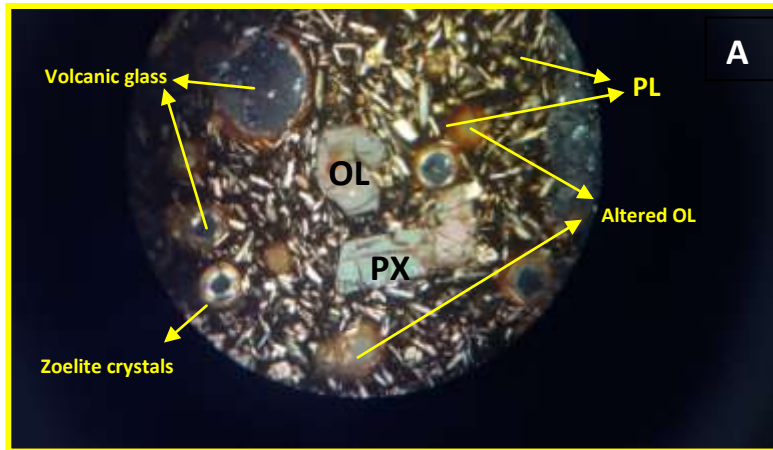
في فرن الجهاز ضمن المجال بين 20 و 900 درجة مئوية بإمرار تيار من غاز الأرجون بمعدّل تسخين ( 10°C min /). يستخدم هذا التحليل لإظهار التغيرات الطورية الماصة والناشرة للحرارة ضمن البنية البلورية للمادة المدروسة.

استخدم جهاز حجمي من نوع Gemini 2375، شركة Micromeritic لدراسة امتزاز غاز الآزوت عند الدرجة 77K (كلية العلوم - جامعة تشرين) وذلك بعد تفريغ العينة المدروسة باستخدام مضخة تفريغ ملحقة بالجهاز عند الدرجة 250°C لمدة 24 ساعة. حسبت المساحة السطحية النوعية باستخدام طريقة BET باستخدام بيانات الامتزاز الناتجة، بالإضافة لحساب متوسط قطر المسام ومجال توزّع حجم المسام للعينتين المدروستين.

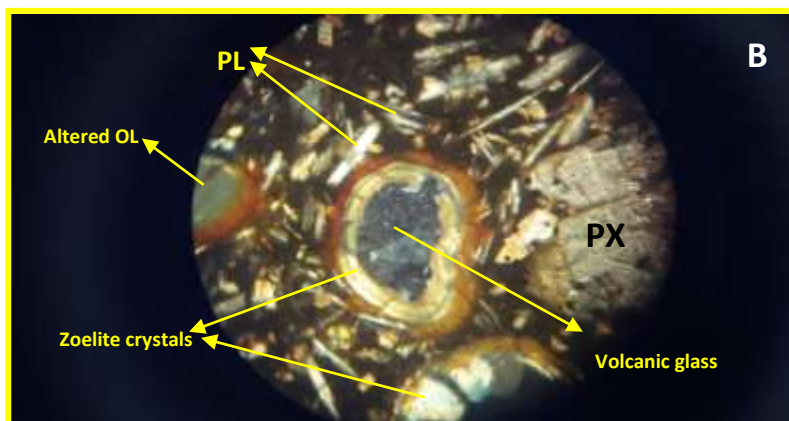
### النتائج والمناقشة:

تظهر الدراسة البتروغرافية للشرائح المجهرية للعينة B المأخوذة من موقع بساتين الأسد ذات نسيج بورفيرى مؤلف من بلورات فينوكريست من الأوليفين والبيروكسين والبلاجيوكلاز موزعة ضمن أرضية بازلتية ناعمة مؤلفة من حبيبات صغيرة من الأوليفين والبيروكسين بالإضافة إلى بلورات إبرية من البلاجيوكلاز وزجاج بركاني، الشكلان (3) و (4).

تظهر بلورات الزيوليت في الشكل (4) كنمو لاحق نتيجة تجوية الزجاج البركاني ضمن البازلت بهيئة بنيات شبه دائرية حيث تنمو بلورات الزيوليت من المحيط باتجاه الداخل (وهي الآلية التي يتم فيها فساد المواد الأولية للصخر) ويبقى المركز ممتلئاً بالزجاج البركاني ما يدلّ على أن الأطوار الزيوليتية لازالت في طور النضوج ويبقى الذي يبقى في المركز وتنتشر فيه بلورات صغيرة جداً لفلزات مختلفة لاحقة التشكّل، وقد ينمو الزيوليت ضمن الفراغات المنتشرة في نسيج الصخر الأم، كما تظهر بعض بلورات الأوليفين الفاسدة والمتحولة إلى فلزات أخرى. تم إثبات هوية الفلزات المدروسة في الشريحة المجهرية ومن ضمنها الزيوليت لاحقاً بالدراسة بالأشعة السينية.



الشكل (3): الشريحة المجهرية A للعينة المرجعية B والمدروسة بالمجهر الاستقطابي بالضوء النافذ بوضعية تصالب المقطبين؛ تظهر فيها بلورات الأوليفين والأوليفين الفاسد والبيروكسين كبيرة الحجم ضمن أرضية ناعمة التبلور مؤلفة من بلورات البلاجيوكلاز (PL) الإبرية، الأوليفين (OL) والبيروكسين (PX)، وتظهر بلورات الزيوليت النامية على أطراف البنيات شبه الكروية باتجاه الداخل على حساب الزجاج البركاني (تكبير 40 X).



الشكل (4)؛ الشريحة المجهرية B للعينة المرجعية (B) والمدروسة بالمجهر الاستقطابي بالضوء النافذ بوضعية تصالب المقطبين؛ تظهر فيها البنيات شبه الكروية مع نمو واضح لبلورات الزيوليت عند المحيط وباتجاه الداخل على حساب الزجاج البركاني (تكبير 100 X). (OL: أوليفين؛ PX: بيروكسين؛ PL: بلاجيوكلاز).

يشكل طيف الانعراج العديد من الانعكاسات (Beaks) تعود كل مجموعة منها لطور فلزي محدد. استناداً إلى قيم كل من زوايا الانعكاس  $2\theta$  وقيم قرائن ميللر hkl المأخوذة من أطيف الانعراج مباشرة تم الحصول على قيم التباعد الذري والتي تعرّف بمجموعها هوية الأطوار الفلزية في العينة المدروسة. أظهرت نتائج قياس انعراج الأشعة السينية XRD للعينة A وجود الأطوار الزيوليتية الآتية: ستيلبيت، برلياليت، فيليبسيت، موردينييت و جيسموندين بالإضافة إلى أطوار زيوليتية أخرى تشكل نسب أقل في العينة وهي: شابازيت، هارموتوم، كلينوبتيلوليت، أنالسيم وفاوجازيت؛ إضافة إلى فلزات نارية ورسوبية وهي معرفة بدلالة قيم التباعد الذري المنسوبة لكل من  $2\theta$  و hkl. يظهر الجدول (1) نتائج هذا التحليل للأطوار الزيوليتية الرئيسة فقط في العينة A. في المقابل، أظهرت نتائج الـ XRD للعينة B الأطوار الزيوليتية فقط وهي: كاوليسيت، سيموللينيت، فيليبسيت، موردينييت، وغوبينيسيت. يظهر الجدول (2) نتائج هذا التحليل للأطوار الزيوليتية الرئيسة فقط في العينة B، أما القيم غير المعروفة فهي تعود لفلزات نارية ورسوبية [5].

الجدول (1)؛ يبين قيم التباعد الذري d بدلالة زوايا انعكاس الأشعة السينية

وقيم قرائن ميللر للعينة A، والتي تظهر كل مجموعة منها طور زيوليتي محدد.

نتيجة تحاليل XRD	قيم XRD			العينة
	*d(Å)	2θ(°)	hkl	
Stilbite	8.873	9.960	001	
	6.812	12.985	2-00	
	5.347	16.564	2-10	
	4.253	20.868	3-11	
	4.041	21.976	1-32	
	3.754	23.680	2-20	
	3.367	26.450	4-02	
	3.185	27.983	042	
	3.032	29.432	042	

Perialite	15.610	5.657	100	Banyas (A)
	4.597	19.291	220	
	3.899	22.785	221	
	3.471	25.640	410	
	3.185	27.983	500	
	2.916	30.625	312	
Phillipsite	8.21	10.76	101 <sup>-</sup>	
	7.14	12.38	001	
	6.37	13.87	011	
	5.014	17.672	201	
	4.31	20.58	101	
	4.08	21.76	111	
	3.92	22.63	031	
	3.20	27.78	022	
	2.74	32.57	102	
Mordinite	10.077	8.767	100	
	8.441	10.472	101	
	7.188	12.304	111	
	5.347	16.564	112	
	5.100	17.374	200	
	4.112	21.592	202	
	3.244	27.472	110	
	3.185	27.983	024	
	2.973	30.029	312	
Gismondine	10.023	8.815	100	
	7.296	12.121	110	
	4.871	18.197	002	
	4.233	20.967	1 <sup>-</sup> 21	
	3.360	26.507	300	
	3.191	27.936	310	
	2.702	33.119	2 <sup>-</sup> 13	



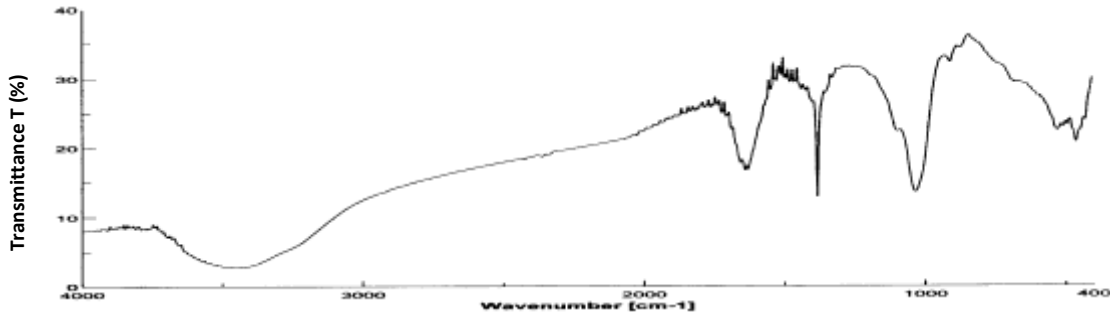
الجدول (2)؛ يبيّن قيم التباعد الذري d بدلالة زوايا انعكاس الأشعة السينية وقيم قرائن ميلر للعيّنة B، والتي تظهر كل مجموعة منها طور زيوليتي محدد .

نتيجة تحاليل XRD	قيم XRD			العيّنة
	*d(Å)	2θ(°)	hkl	
Cowlesite	15.74	5.60	020	Banyas (B)
	8.55	10.33	202	
	7.64	11.57	040	
	3.85	23.06	080	
	3.77	28.56	181	
	3.12	28.53	008	
	3.07	29.03	010	
Simollinite	8.987	9.833	004	
	8.211	10.765	102	
	6.436	13.748	104	
	4.556	19.464	020	
Philipsite	8.21	10.76	101 <sup>-</sup>	
	7.14	12.38	001	
	6.37	13.87	011	
	5.41	16.35	120	
	5.08	17.41	021	
	4.96	17.84	201	
	4.31	20.58	101	
	4.08	21.76	111	
	3.92	22.63	031	
	3.27	27.16	141 <sup>-</sup>	
	3.20	27.78	022	
	2.74	32.57	102	
Mordinite	13.50	6.54	110	
	8.98	9.83	200	
	6.52	13.56	111	
	4.57	19.40	311	
	4.00	22.19	130	
	13.50	6.54	110	
	13.50	6.54	110	
Gobbinsite	7.179	12.319	101	
	4.080	21.763	121	
	3.200	27.852	031	

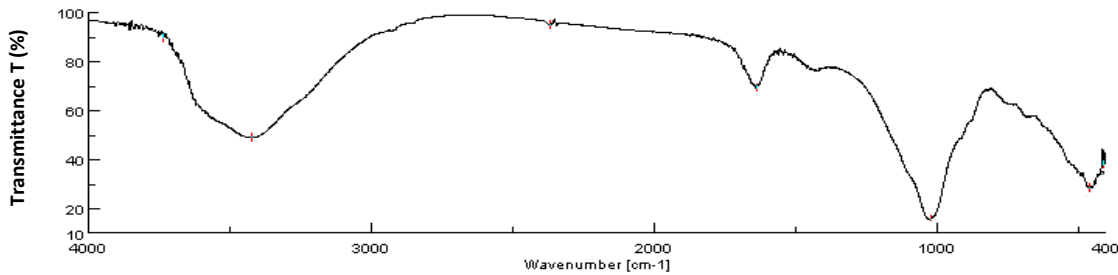
يعتبر طيف الأشعة تحت الحمراء متوسط المدى ( $200-1300\text{cm}^{-1}$ ) أداة هامة في تحديد البنيات البلورية الزيوليتية الرئيسية منها كاهتزازات رباعيات الوجوه  $(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4$  المولفة للهيكل البلوري، ووحدات البناء الثانوية SBU كالحلقات المضاعفة الرباعية والسداسية D4R, D6R بالإضافة إلى فتحات المسام (Pore openings). يمكن تمييز ثلاثة نماذج من الاهتزاز على المستوى الذري ضمن هذا القياس؛ وهي: نموذج الشد المتناظر Symmetric stretching mode ( $\gamma\text{T-O-T}$ ) ضمن مجال الاهتزاز ما بين  $650-820\text{cm}^{-1}$ ، نموذج الشد اللامتناظر Asymmetric stretching mode ( $\gamma\text{AsT-O-T}$ ) ضمن مجال الاهتزاز ما بين  $900-1250\text{cm}^{-1}$ ، ونموذج الانحناء ( $\delta \text{O-T-O}$ ) Bending mode ما بين  $420-500\text{cm}^{-1}$  [6].

ييدي طيف الأشعة تحت الحمراء المقاس للعينة A (الشكل 5) سمات بنيوية عامة للمجموعات الزيوليتية، حيث تشير القمة عند القيمة  $1023\text{cm}^{-1}$  إلى نموذج اهتزاز امتطاطي لا متناظر Asymmetric stretching mode للروابط T-O حيث تمثل T ذرة Si أو ذرة Al. كذلك يشير البروز عند القيمة  $460\text{cm}^{-1}$  إلى حركة اهتزاز انحنائية للرابطة T-O (T-O bending mode). يعود الكتف عند القيمة  $570\text{cm}^{-1}$  تقريباً لوجود أطوار زيوليتية حاوية على حلقات مضاعفة والمعبر عنه بالزيوليت نوع فيليبسيت ضمن العينة المدروسة. يعبر البروزان ضمن المجال  $750-820\text{cm}^{-1}$  عن نموذج حركة امتطاطية تناظرية، بينما يميز الكتف الظاهر عند القيمة  $1150\text{cm}^{-1}$  تقريباً، وهو حركة امتطاطية لا تناظرية المجموعات الزيوليتية عن غيرها من المجموعات الفلزية الألومينوسيليكاتية اللازيوليتية.

بالمقارنة؛ يظهر قياس FTIR للعينة B أيضاً سمة عامة للمجموعات الزيوليتية، خاصة تلك الحاوية على حلقات مضاعفة. تشير القمة  $1034\text{cm}^{-1}$  في الشكل (6) إلى نموذج اهتزاز امتطاطي لا تناظري للرابطة T-O. كذلك يشير البروز عند القيمة  $464\text{cm}^{-1}$  إلى حركة اهتزاز انحنائية لـ T-O. يظهر بروز صغير ضمن مجال الاهتزاز  $540-630\text{cm}^{-1}$  يعود لوجود أطوار زيوليتية ذات حلقات مضاعفة كما في الفليبسيت.



الشكل (5)؛ طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR للعينة A.

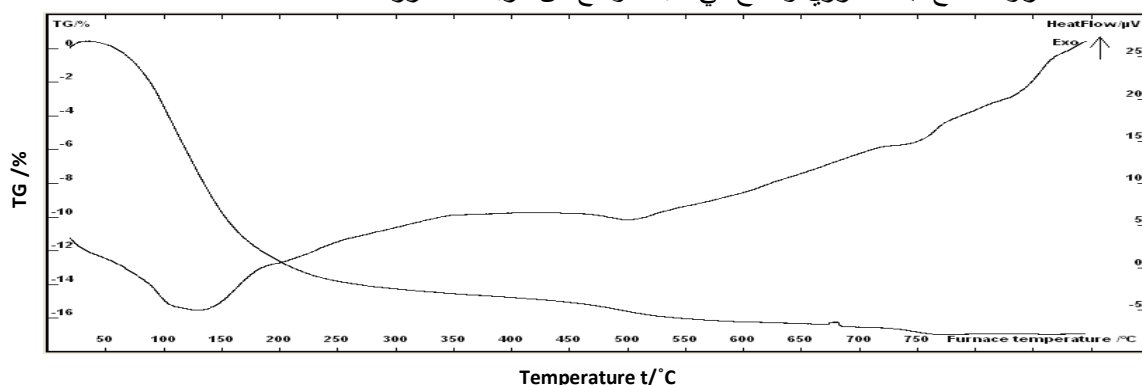


الشكل (6)؛ طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR للعينة B.

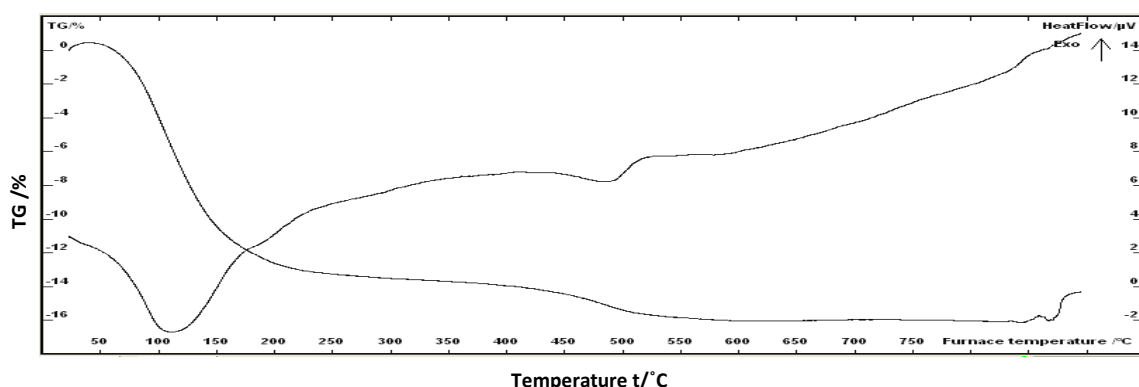
تظهر نتائج التحليل الحراري التفاضلي (DTA-TG) التغير الحراري الذي يطرأ على العينة A عند تسخينها. تبين هذه المنحنيات الموضحة في الشكل (7)، والتي تبين أن العينة تفقد الرطوبة الطبيعية ضمن المجال (100-150°C) وهذا يدل على الامتزاز الفيزيائي لجزيئات الماء على السطح الخارجي والمسامات ضمن بنيات الأطوار الزيوليتية والأطوار المرافقة [7].

يظهر الأثر الماص للحرارة الثاني في المجال الحراري ما بين (490-510°C) وهو يعبر عن فقدان مجموعات الهيدروكسيل السطحية [1]، بينما يدل الأثر الحراري الماص للحرارة ضمن المجال (730-770°C) على تفكك الكربونات في العينة المدروسة، ويظهر أثر حراري صغير جداً ناشئ للحرارة في المجال الحراري (850-900°C) يمكن أن يعزى إلى تغير طوري في بنية الأطوار الزيوليتية وبالتالي يمكن القول أن العينة المدروسة ثابتة حرارياً في مجال واسع من درجات الحرارة [8].

في المقابل تظهر نتائج التحليل الحراري التفاضلي (DTA-TG) التغير الحراري الذي يطرأ على العينة B عند تسخينها من خلال المنحنيات الموضحة في الشكل (8)، ويظهر هذا المنحني تشابهاً إلى حد كبير مع منحنى العينة A مع بعض الانزياحات الطفيفة في مجال الأثر الماصة للحرارة، ويلاحظ غياب للأثر الحراري المعبر عن تفكك الكربونات مع ثبات حراري واضح في مجال واسع من درجات الحرارة.

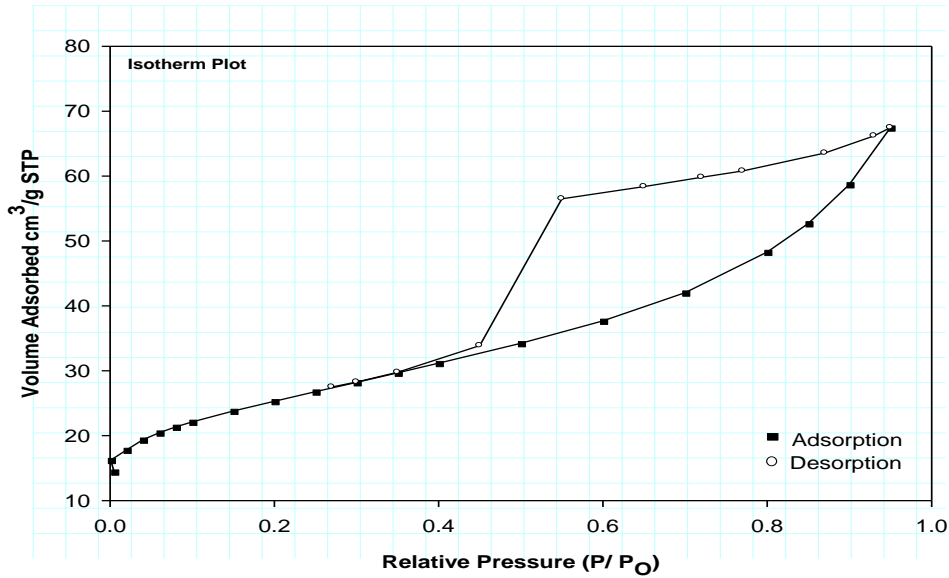


الشكل (7)؛ منحنيات التحليل الحراري التفاضلي (DTA-TG) للعينة A.

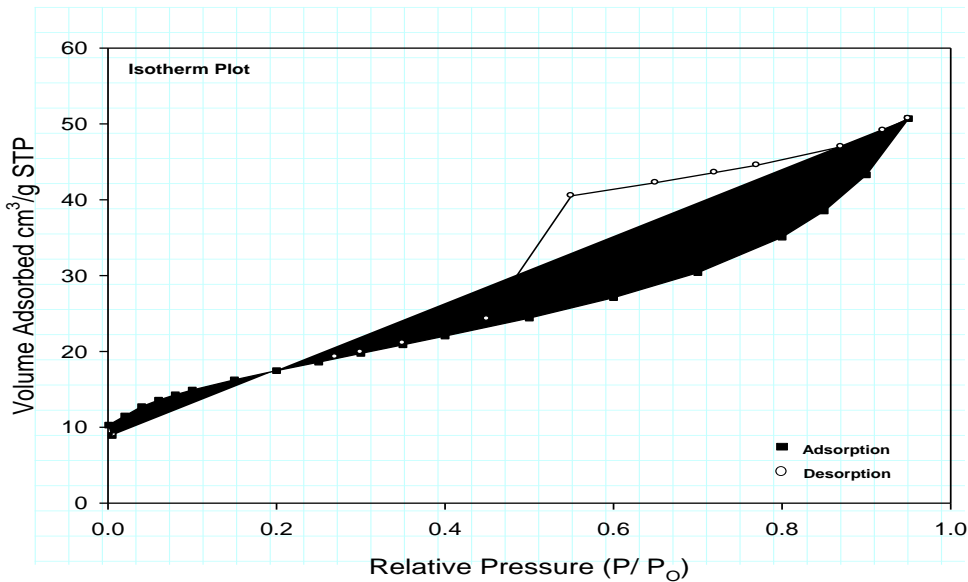


الشكل (8)؛ منحنيات التحليل الحراري التفاضلي (DTA-TG) للعينة B.

يعدّ امتزاز الغازات على السطوح الصلبة من الطرائق الهامة جداً للتعرف على البنية المسامية للمادة الصلبة وتعيين عوامل البنية النسيجية لها (المساحة السطحية النوعية، حجم المسام الكلي، نصف قطر المسام المتوسط). يبيّن الشكلان (9) و (10) منحنيات الامتزاز لغاز الأزوت على كل من العينتين و A و B، ويظهر من هذه المنحنيات التشابه الكبير بينهما مما يشير إلى أن العينتين تمتلكان بنية مسامية متشابهة وعوامل متقاربة للبنية النسيجية.



الشكل (9)؛ يبين منحنى الامتزاز للعيّنة A.



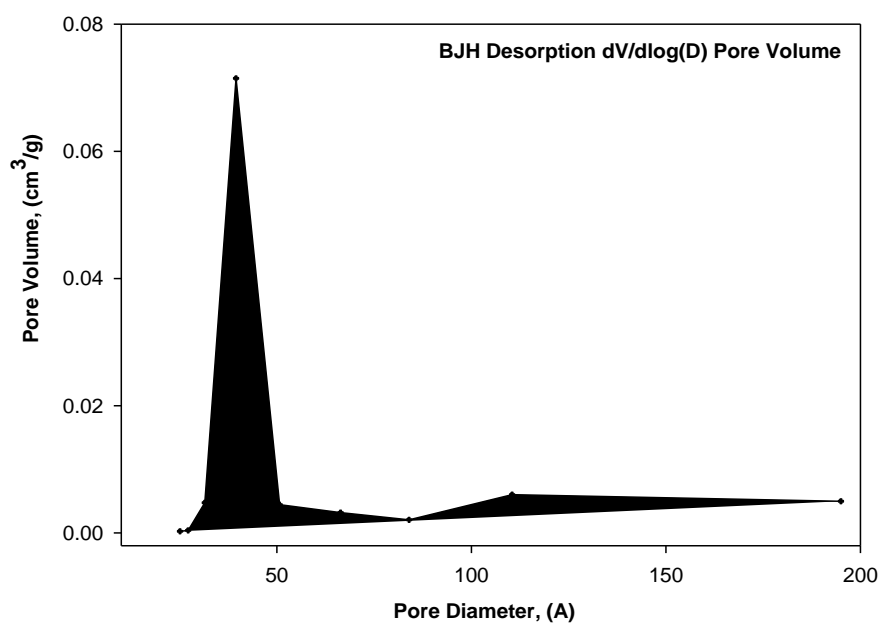
الشكل (10)؛ يبين منحنى الامتزاز للعيّنة B.

يلاحظ من منحنيات الامتزاز أنها من النوعين II و IV حسب تصنيف Sing [9] لمنحنيات الامتزاز والتي تحوي أنشودة تخلفية واضحة تغلق في مجال ضغط نسبي حوالي 0.3 تشير إلى وجود مسامات من النوع ميزو، كما تبين منحنيات الامتزاز أيضاً أنه عند الضغوط النسبية المنخفضة (0.1 ~) تزداد قيمة الامتزاز ثم يتباطأ هذه الازدياد ويظهر ذلك من خلال وجود ركبة مدورة على منحنيات الامتزاز والذي يشير إلى وجود نسبة من المسامية الدقيقة في العينتين.

حسبت المساحة السطحية النوعية للعينتين وذلك بعد تعيين سعة الطبقة الأحادية باستخدام علاقة BET [10]، ومن ثم تم حساب حجم المسام الكلي  $V_p$  وذلك بعد ضرب قيمة الامتزاز عند الضغط النسبي 0.95 بالعامل  $15.47 \cdot 10^{-4}$  وهو معامل التحويل من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة لغاز الأوزون وحسبت قيمة نصف قطر المسام المتوسط بالعلاقة:

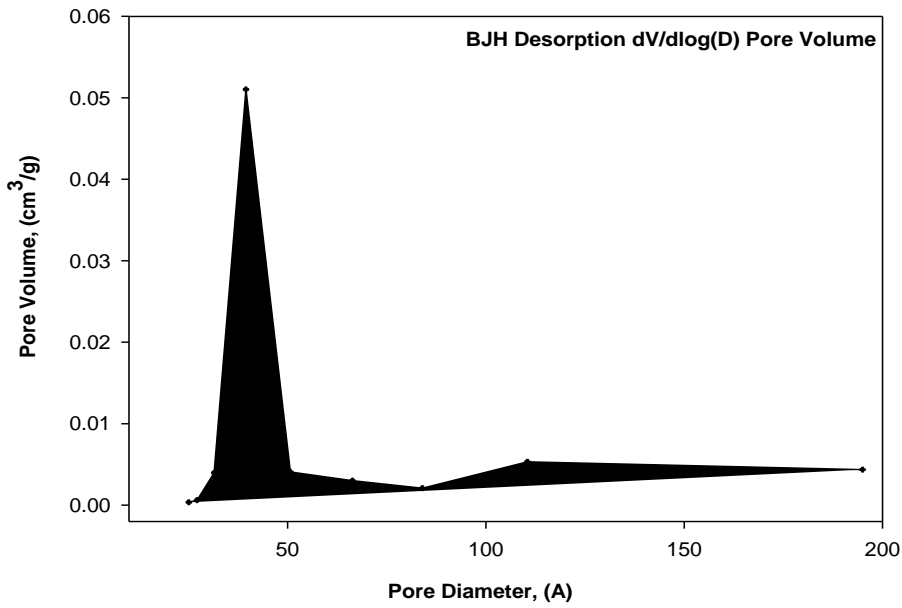
$$r^{-}(\text{Å}) = (2V_p/S_{BET}) \cdot 10^4$$

باستخدام بيانات الامتزاز تم الحصول على منحنيات توزع حجوم المسام كما يظهر في الشكلين (11) و(12).



الشكل (11)؛ يظهر مجال توزع قطر المسام للعينّة A وهو  $40\text{Å}$ .

تبين أن عوامل البنية النسيجية للعينتين A و B متقاربة مع اختلاف في قيمة المساحة السطحية النوعية، حيث بلغت للعينّة A القيمة  $87\text{m}^2/\text{g}$  وللعينّة B القيمة  $61\text{m}^2/\text{g}$ ، بينما بلغت قيمة نصف قطر المسام الوسطي  $23\text{Å}$  للعينّة A و  $25\text{Å}$  للعينّة B، وكان توزع حجوم المسام الغالبة موافقاً للمسامات ذات نصف القطر  $40\text{Å}$ ، الجدول (3).



الشكل (12)؛ يظهر مجال توزيع قطر المسام للعينة B وهو  $40\text{Å}$ ~.

الجدول (3)؛ عوامل البنية النسيجية للعينتين A و B.

العينة	$S_{\text{BET}}$ (m <sup>2</sup> /g)	$V_{\text{P}}$ (ml/g)	$r^{-}$ (Å)
A	~ 87	~ 40	~ 25
B	~ 61	~ 40	~ 25

### الاستنتاجات والتوصيات:

استناداً إلى كافة النتائج والمقارنات التي تمت مناقشتها في سياق هذا البحث يلاحظ وجود توافق عام في الخصائص التركيبية والكيميائية لكل من العينتين A و B. تكمن أهمية هذه المقارنة باعتبار التوضع ككل في منطقة الدراسة خام طبيعي، حيث مثلت العينة B (كأحد مواقع منطقة الدراسة) جميع المواقع الأخرى، بينما أعطت العينة A (كعينة مزيج) قيمة للتوضع من الناحية الاقتصادية، فقد بينت هذه النتائج قيماً ضمن المجال الجيد من ناحية التطبيق للمواد الألومينوسيليكاتية الحاوية على الزيوليت، وتمتلك هذه المواد خصائص مميزة في مجالات الامتزاز السطحي والتبادل الشاردي والجزئي. يوصى بالاستفادة من هذا الخام الطبيعي في منطقة بانياس في المجال البيئي بالدرجة الأولى مثل تنقية المياه من الشوارد الضارة، وفي مجال تنظيف أحواض الأسماك وحظائر الحيوانات عن طريق سحب الأمونيا، وفي عمليات تحسين التربة الزراعية عن طريق تزويدها بالأمونيا.

### المراجع:

- [1].Brek, D. W., *Zeolite molecular sieves, structure, chemistry and use*, Wilky New York, 1974, 860.
- [2]. شابو، يوسف، المذكرة الإيضاحية لرقعتي القدموس وبانياس مقياس 1/50000، دمشق، 1980.
- [3]. وردة، راميا، رسالة ماجستير، دراسة بتزولوجية للصخور البازلتية في بانياس. قسم الجيولوجيا، جامعة تشرين، اللاذقية، 2010.
- [4]. عمر البازلت في غرب سورية، تقرير المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، دمشق: شاركوف وآخرون. (تقرير باللغة الروسية)، 1993.
- [5]. سفلو، نسرين، رسالة ماجستير، دراسة التوضعات البركانية- الرسوبية وتقييم حاملتها للزئوليت في منطقة بانياس، 2105.
- [6].Flanigen, E.M.; Khatami, H., *Infrared Structural Studies of Zeolite Framework*, Cambridge Springs, 1971, 16403.
- [7]. Alberty, R., A.; Farrinction. D.; *Physical chem.. fifth edd.*, John Wely and Sons 1978, 598.
- [8].Schodel, R., *Dissertation Schrift*, Thcarlschorlmmmer Mersburg, 1976,
- [9].Sing, K.S.W.; Everett, D.H.; Haul, R.A.W.; Moscou, L.; Pierotti, R.A.; Rouguerol, J.; Siemieniewaska, T., *Pure and Appl. Chem.*, 1985, 559.
- [10].Brunauer, S.; Emmett, P.H.; Teller, E.; *J. Am. Chem. Soc.*, 1940, 309-319.