

## حساب المحتوى المعدني في أطيان الكاولين

قتيبة توفيق اليوزبيكي

مركز بحوث السدود والموارد المائية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2002/11/4 ، تاريخ القبول 2003/1/18)

### الملخص

إن صعوبة تقدير بعض المعاملات المستخدمة في التقدير شبه الكمي للمعادن في تحاليل الأشعة السينية الحادثة لنماذج أطيان الكاولين عند استخدام الأشعة من نوع  $CuK\alpha$  في التحاليل بسبب احتواء النماذج على تراكيز عالية نسبياً من أطوار الحديد، والذي يعطي شدة عالية لخط المرجح مما يشوه تقدير وحساب المساحة تحت منحني الأنعكاس أو الشدة لأي طور معدني موجود في النموذج، كما أن بعض منحنيات الأنعكاس للأطوار السائدة بتراكيز عالية تعمل على حجب منحنيات الأنعكاس الصغيرة العائدة لأطوار متواجدة بتراكيز قليلة مما يصعب قياسها إلا بعد إجراء معاملة للشرائح. ولذلك يمكن الاستفادة من التشخيص الوصفي للأطوار المعدنية في التعرف إلى أنواعها ، ومن الممكن توظيف معطيات الأشعة السينية مع التحليل الكيمائية في تقدير المحتوى المعدني، لاسيما وأن أغلب أطيان الكاولين تمتاز بنفس الصيغة المعدنية بسبب تشابه السلوك الجيوكيميائي لنواتج عمليات الغسل والتجوية على الصخور والتي تؤدي إلى تكون الكاولينيات والأطوار المعدنية المرافقة له مثل الإلايت والمرو والألتايس والروتايل والجوثايت والهيمايت. أما تباين نسبها فيعزى إلى طبيعة الظروف والعمليات التحويرية التي تعمل على إعادة توزيعها ضمن البيئة التي ترسبت فيها، وهذه الظروف تتباين تبعاً لكل منطقة في البيئة الترسيبية لها.

### Calculation of Mineralogical Composition in Kaolin Clays

Kotayba Tawfiq. Al-Youzbakey  
Dams and Water Resources Research Centre  
Mosul University

#### ABSTRACT

The association of iron phases in kaolinitic clays caused a difficulty to semi-quantitative determination of the mineralogical composition depending upon XRD analysis,

using  $Cu_{K\alpha 1}$  radiation. The high intensity of background 'which was produced due to high concentration of iron' distorted the area under curve and the intensity of peaks for each phase. The high intensity of some high quantity mineral peaks masking the low intensity peaks of other minerals. So it will be difficult to measure the above parameters until sample is treated with heating or chemical reaction. The XRD analysis gives a good qualitative identification of the mineral association in the samples, while the chemical analysis gives almost a correct measurement of mineralogical composition. It is possible to use the x-ray parameters depending on the chemical analysis to determine the mineralogical composition of kaolin tic clays.

Most of kaolin deposits have the same mineral association like iron oxides and hydroxides (hematite and goethite), illite, mixed layer, anatase, rutile and quartz. These mineral associations are due to the same geochemical behavior through weathering, leaching intensity, transportation and sedimentation processes on the parent igneous and metamorphic rocks. The differences in their quantities may be due to the diagenetic process, which redistribute mineral phases in their sedimentary environments under different climatic conditions. The mineralogical composition reflects the field of kaolin industrial usage.

#### المقدمة

تقع منطقة الدراسة في منخفض الكعرة الذي يبعد حوالي 70 كم شمال مدينة الرطبة، حيث يشكل تكوين الكعرة بعمر البيرموكاربوني Permo-carboniferous (Ctyroky, 1973; Nader et al., 1993) قاعدة وأطراف المنخفض. ويتألف هذا التكوين من تعاقبات الصخور الرملية المروية مع الصخور الغرينية الطينية، فضلاً عن وجود عدسات من خامات أكاسيد الحديد متداخلة مع الصخور الرملية والغرينية بأشكال وتراكيب مختلفة. ويعد تكوين الكعرة أقدم تكوين منكشف في المنطقة، وتغطي عدة تكاوين تكوين الكعرة بصورة غير توافقية، ففي الجهة الجنوبية للمنخفض يغطي تكوين الملوسي (Mulussa Fn.) تكوين الكعرة، وفي الغرب تكوين رطبة-مسعد (Rutba-Msad Fn.)، وفي الشمال الغربي والشمال تكوين الجيد (Jeed Fn.) ووحدة المربط وفي الشمال الشرقي تكوين عكاشات (Akashat Fn.)، وفي الشرق تكوين الرتقة (Ratga Fn.) (Jassim et al., 1986).

تتكون أطياف تكوين الكعرة بصورة رئيسة من صخور غرينية كثلية ذات حبيبات مختلفة الأحجام من الناعم (Fine siltstone) إلى خشن (Sandy siltstone) ودمالق من صخور طينية وقليلاً ما تكون صفائحية. وتتصف هذه الصخور بتعدد ألوانها من الأبيض والرمادي والأسود التي تعكس لون معدن الكاولينايت والمادة العضوية المصاحبة وتزداد شدة اللون الأسود تبعاً لزيادة المادة العضوية إلى السوان السوردي والأزرق والبنفسجي والأرجواني والأحمر والأصفر والبني المحمر والبني المصفر والبرتقالي والتي يعكسها نوع وتركيز وحجم حبيبات الطور المعدني لأكاسيد الحديد (الهيماتايت) وهيدروكسيدات الحديد (الجواثايت) والتي

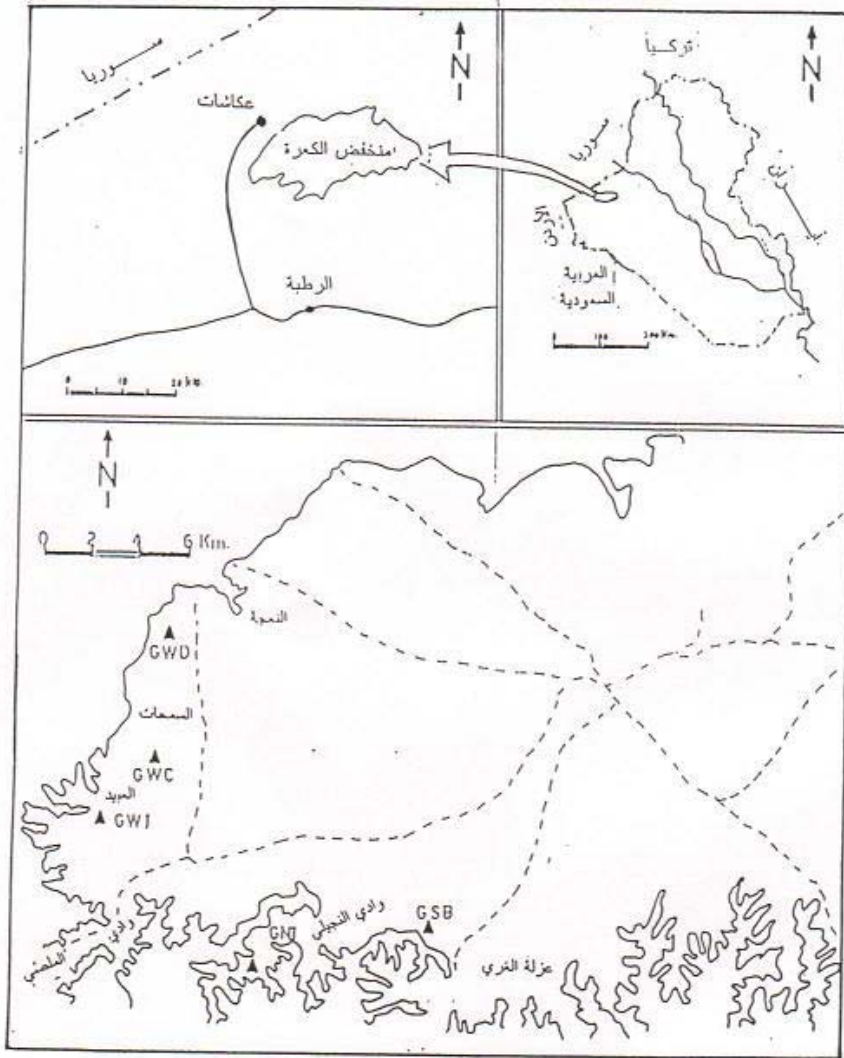
توجد بأشكال وتراكيب عديدة ومختلفة. وتتكون هذه الأطنان من معادن الكاؤولينايت وقليل من الإلايت كمعادن طينية والجوثايت والهيماتايت كهيدروكسيدات وأكاسيد الحديد والمرو .

اجريت عدة دراسات على التكوين تناولت الجزء الرملي أو الجزء الغريني أو رواسب خامات الحديد أو دراسة التكوين بشكل عام. درس يكتا (Yakta, 1972) تكوين الكعرة ووصفه بأنه مكون من صخور رسوبية رملية من نوع المروي وذات تطبيق مقاطع تتغير نحو الأعلى مروراً بطبقات نحيفة من الطين الغريني الى طبقات سميكة من الأطنان الحاوية جزئياً على بقايا نباتية، واستنتج ان البيئة الترسيبية هي انتقالية بين القارية الى بيئة بحار ضحلة. درس عبود ورؤوف (Abboud and Raouf, 1972) الرواسب الطينية وذكر انها مكونة من الكاؤولين المشق من تجوية معادن الفلسبار القلوي للصخور النارية الحامضية للدرع العربي. أشار سلمان (Salman, 1977) الى ان الأطنان تتكون بشكل رئيس من معدن الكاؤولينايت ونسب مختلفة من معدن الإلايت. كما درس يكتا (Yakta, 1981) وطوبيا (1983) وصادق (1985) والبوزبكي (1989) جيوكيميائية ومعدنية الرواسب الطينية والغرينية وأكاسيد الحديد المصاحبة لها وأشاروا الى انها تتكون بشكل رئيس من معدن الكاؤولينايت وقليل من الإلايت وان أكاسيد الحديد هي الجوثايت والهيماتايت فضلاً عن وجود المرو بأحجام متباينة. وتناولت الدراسة التفصيلية التي قام بها تمرر أغا (Tamer Agha, 1986) دراسة معدنية وجيوكيميائية وبيئة ترسيب تكوين الكعرة وذكر انها تمثل ترسيبات نهريّة كثيرة الأتواء تجري باتجاه شرق - غرب تمثل الرواسب الرملية قنوات هذه الأنهار بينما تشكل الرواسب الغرينية والطينية ضفاف الأنهار والبحيرات المصاحبة لها أو مجاري القنوات المهجورة.

ان أطنان الكاؤولين المتواجدة في مناطق عديدة من العالم تتكون بشكل رئيس من معدن الكاؤولينايت مع نسب متباينة من معدن الإلايت والطبقات المتمزجة من الإلايت - مونتوريلوننايت كما هو الحال في مناطق جورجيا في الولايات المتحدة وبوهيميا في ألمانيا وسليكا في بولندا وكوتي في المكسيك ويوكو هيلز في تنزانيا، فضلاً عن وجود معادن لأكاسيد الحديد وأكاسيد التيتانيوم (Keller and Haenni, 1978; Ibanga et al., 1983).

تم اختيار (27) نموذج تمثل أطنان الكاؤولين متباينة في ألوانها ومحتواها من تراكيب وأشكال أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد، وتم جمعها من الطرف الغربي والجنوب الغربي ومن وادي النجيلي الذي يقع في الطرف الجنوبي من منخفض الكعرة (شكل I).

تهدف الدراسة الحالية الى تقدير المحتوى المعدني لأطنان الكاؤولين من خلال التحليل الكيميائية ومعطيات تحاليل الأشعة السينية الحادثة، والتي تعد ضرورية في تقييم وتحديد صلاحية هذه الأطنان للاستخدامات الصناعية الواسعة.



الشكل 1: خارطة توضح موقع منخفض الكعرة ومواقع المقاطع



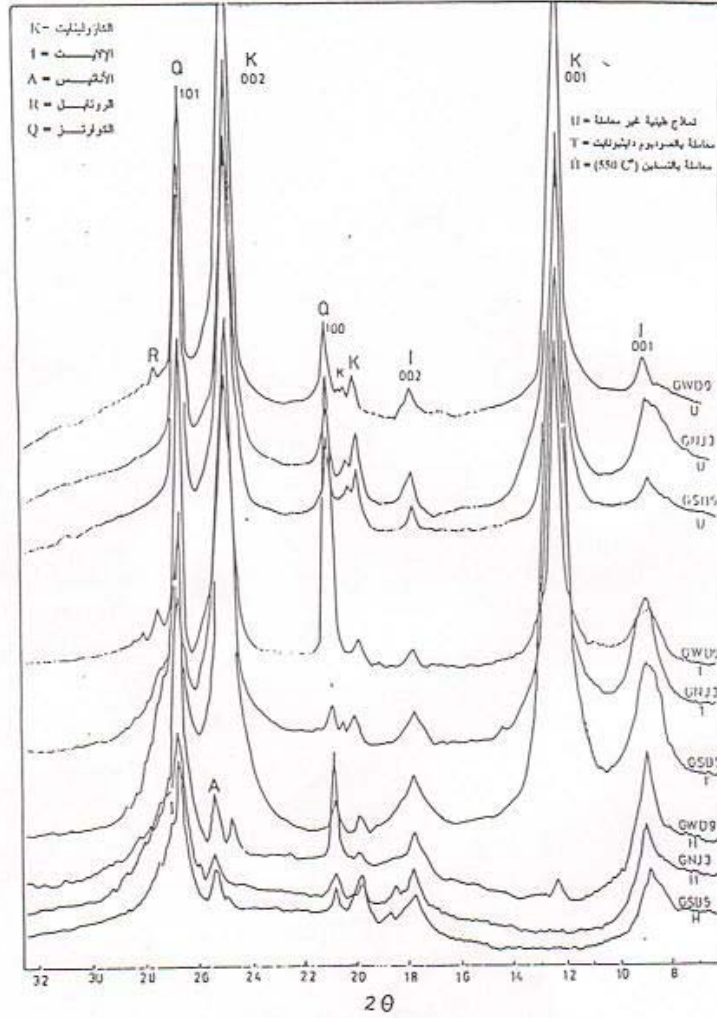
### طرق التحليل

1. اجريت التحاليل الكيميائية للعناصر الرئيسة في النماذج باستخدام جهاز الأشعة السينية الوميضية نوع (PHILIPS, PW. 1450/10) في قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الموصل بالأعتماد على نماذج تم تحضيرها وتحليلها كيميائياً بالطرق القياسية المعتمدة في (Jeffery and Hutchison, 1981).
2. اجريت التحاليل المعدنية لـ 12 نموذج باستخدام تقنية الأشعة السينية الحائدة بجهاز الأشعة نوع (PHILIPS. PW. 1130) في قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الموصل باستخدام إشعاع  $Cu_{K\alpha 1}$  عند 40 كيلوفولت و 30 ملي أمبير وبسرعة 20 في الدقيقة. وتم تفسير المخططات على ضوء النشرات القياسية (Brindley and Brown, 1980). وقد استخدم منحنى انعكاس معدن المرو (الكواتز) كمنحني انعكاس مرجعي داخلي لتقدير الأزرحة التي تحصل في الجهاز خلال عملية القياس.
- أ. تم تحضير شرائح موجهة لغرض التعرف على جميع المعادن الطينية الموجودة في النماذج والحصول على منحنيات الانعكاس القاعدية.
- ب. تم تحضير شرائح مسخنة إلى 550 سليزية للتعرف على المعادن المصاحبة للكاؤولينايت، حيث عند هذه الدرجة يفقد الكاؤولينايت تركيبه البلوري ولا يعكس أي من الأوجه خلال عملية التحليل وتبقى منحنيات الأطوار الأخرى المصاحبة (Brindley and Brown, 1980)، لأن التراكيز العالية لمعدن الكاؤولينايت تجعل كل من الشدة والسعة للأوجه القاعدية خصوصاً كبيرة بحيث تحجب بعض الأوجه للمعادن الأخرى مثل الألتايس الذي يحجب بالوجه القاعدي 002.
- ج. نماذج معاملة بمادة الصوديوم دايتونايت لغرض إزالة أكاسيد الحديد الحرة التي تشمل أطوار أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد (Mehra and Jackson, 1960) التي تعمل على رفع شدة خط المرجع مما تؤثر على تمييز المعادن الأخرى وخاصة ذات التراكيز القليلة.

### النتائج والمناقشة

تشير التحاليل المعدنية (شكل 2) إلى أن المعدن الطيني الرئيس هو معدن الكاؤولينايت، حيث تظهر منحنيات انعكاسه وخاصة القاعدية (001) و (002) بشدة وسعة كبيرتين. أما معدن الإلايت فيمثل المعدن الطيني الوحيد تقريباً المصاحب للكاؤولينايت كما يظهر في منحنيات الانعكاس في الشرائح الموجهة والمسخنة لأن الإلايت لايفقد صفاته البلورية عند تسخينه إلى هذه الدرجة (Hutchison, 1974; Brindley and Brwon, 1980).

كما وتظهر منحنيات انعكاس معادن الجونايت والهيماتايت بشدات متباعدة تبعاً لتركيزها في النماذج، وقد لوحظ في الشرائح المسخنة اختفاء منحنيات انعكاس الجونايت بسبب تحوله إلى طور الهيماتايت الأكثر



الشكل 2: التحاليل المعدنية لنماذج طينية (غير معالجة ومعالجة بالصوديوم دايثيونات ومسخنة عند 500 °C).

استقراراً عند درجات حرارة أكثر من (230 - 280) سلزية (Millott, 1970). وفي بعض النماذج ذات اللون الأصفر والتي لم تظهر أي منحنى انعكاس لأطوار الحديد فعند تسخينها تغيرت إلى اللون الأحمر وأعطت منحنى انعكاس لمعدن الهيماتايت وهذا يدل على وجود طور الجوثايت غير المتبلور (الليمونايت) في بعض النماذج ولكن بنسبة قليلة جداً، وهو يشبه الجوثايت ولكنه يحتوي على جزيئات ماء ممتزة على سطحه الخارجي (Pettijhon, 1975). يمتاز معدن الجوثايت بكونه رديء التبلور نسبةً لمعدن الهيماتايت ولذلك تظهر منحنيات انعكاسه أقل شدة وأكثر سعة مما للهيماتايت.

أما أطوار التيتانيوم والمتمثلة بمعدني الأناثايس والروتايل فيظهر منحنى انعكاس كل منهما بشدة قليلة بسبب التراكيز القليلة لأكاسيد التيتانيوم. وغالباً ما يكون منحنى انعكاس الأناثايس مقنعاً بانعكاس الوجه القاعدي الثاني للكاؤولينايت، ولذلك تظهر منحنيات هذه المعادن واضحة في الشرائح المسخنة. يمثل معدن الأناثايس طور أكاسيد التيتانيوم عادة يوجد بشكل واسع ولكن بكمية قليلة في الصخور الطينية (Bear, 1965) لا سيما المكونة من الكاؤولينايت (Weaver and Pollard, 1975; Brindley and Brown, 1980) بشكل تجمعات كروية غير منتظمة أو اقراص أو طبقات ممتزجة مع الكاؤولينايت أو بشكل تجمعات تغطي (coating) الكاؤولينايت (Weaver, 1976). ويعزى وجوده مع الكاؤولينايت إلى تأثير عملية التجوية والغسل على معادن التيتانيوم والحديدوز مثل الألمينايت (Ilmenite) الموجود في الصخور النارية التي اشتق منها الكاؤولينايت بعملية التجوية والغسل الشديدة، حيث يطرد الحديدوز ويتكون الأناثايس (Brindley and Brown, 1980). أما معدن الروتايل الذي عادة ما يتواجد مع الصخور الطينية ذات الأصل الحامضي فيعد معدن موروث مقاوم لعمليات التعرية والتجوية ينتقل مع الحبيبات الطينية بشكل حبيبات ناعمة. وتجدر الإشارة إلى أن طور الليوكوكسين الذي يمثل أكاسيد التيتانيوم المائية ( $TiO_2 \cdot nH_2O$ ) هو طور غير متبلور (Bear, 1965; Sayin and Jackson, 1975) والذي لا يظهر له منحنيات انعكاس بالأشعة السينية (Brindley and Brown, 1980)، ويعتقد تواجده مع المعدنين أعلاه بسبب تكونه خلال مراحل التجوية الشديدة (Weaver, 1976). وأما الكوارتز فإنه يتواجد في جميع النماذج الغرينية والطينية بسبب تباين حجم حبيباته من 2 مايكرون إلى حجم الغرين وينتقل مع الكاؤولينايت بشكل حبيبات ناعمة ودقائق غروية (Gillott, 1968).

إن هذه المصاحبة المعدنية للكاؤولينايت والإلايت وأطوار الحديد والتيتانيوم والمرو هي ناتجة لعمليات الغسل والتجوية الشديدة التي تعرضت لها الصخور الأصلية والتي يتوقع أنها مكونة من صخور نارية حاسضية ومتوسطة تحتوي على معادن الفلسبار القلوي (Stock and Sikora, 1976)، فضلاً عن صخور متحولة (Bjorlykke, 1975) ذات تحول قليل إلى متوسط وصخور رسوبية (Al-Bassam and Tamer

(Agha, 1998) وتمتاز هذه الصخور بمحتواها العالي من المعادن الحاملة للألمنيوم مثل الفلسبار والمايكا والمعادن الحاملة للحديد، وتتعرض هذه المعادن الى عمليات التجوية والغسل ثم النقل ثم الترسيب والدفن والتحور (Millott, 1970; Krauskopf, 1985; Watanabe, 1987) التي تؤدي الى تفاضل في سلوك العناصر حيث تنتقل عناصر البوتاسيوم والصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم الى المحلول (الذي يمتاز بكونه حامضي) لكونها عناصر ذات قابلية ذوبان حركة عالية (Reading, 1981)، أما العناصر الأخرى والتي يحصل لها تركيز مثل الألمنيوم والسليكا والحديد والتيتانيوم فتعد من العناصر ذات قابلية الذوبان والحركة القليلة ولذلك سوف تنتقل من خلال الأطوار المعدنية التي تكونها بشكل غروي عادةً وبعضها متمززة على الأجسام الغروية (Gillott, 1968; Henderson, 1982; Milnes, 1987) حيث تنتقل المعادن الطينية بشكل غروي، وينتقل المرو بشكل جسيمات ناعمة ودقائق بحجم الطين، أما أطوار الحديد فتنتقل معظمها بشكل أغشية متمززة على المعادن الطينية وقليل منها على المرو وبعضها بشكل حبيبات منفصلة. أما أكاسيد التيتانيوم فينتقل الأثاس غالباً متمزراً على سطوح لمعادن الطينية بينما ينتقل الروتايل بشكل حبيبات منفصلة. وخلال العمليات التحويرية بتأثير حركة المياه الجوفية والظروف الجوية (Al-Bassam and Tamer Agha, 1998) يعاد توزيع بعض الأطوار المعدنية وخاصةً أطوار الحديد بفعل عوامل عديدة مثل نشاط الماء وتأثير البكتريا ودرجة الحرارة والدالة الحامضية واستقرارية الطور المعدني (Ibanga et al., 1983; Ambrosi and Nahon, 1986)، وارتفاع وانخفاض مستوى المياه الجوفية في الصخور الرملية والغرينية المتعاقبة خلال الفصول الرطبة والجافة بعد عمليات الترسيب والطمير والتصلب أحياناً.

ان وجود التراكيز العالية من الكاؤولينايت سوف تظهر منحنيات انعكاس الأوجه القاعدية له بشدة وسعة كبيرتين (اغلبها تكون شدتها خارج المقياس) مما يؤدي الى حجب منحنيات انعكاس بعض الأوجه الرئيسة وربما الوحيدة للأطوار الأخرى وخاصة ذات التراكيز الضئيلة مثل الأثاس، ولا يمكن خفض مقياس الشدة لأنه سوف يؤدي الى اختفاء بعض المنحنيات ذات الشدة القليلة لبعض الأطوار. كذلك عدم دقة حساب المساحة تحت منحنى الانعكاس لبعض الأطوار في الشرائح غير المعاملة مقارنةً مع مساحة المنحنيات لأطوار أخرى تم الحصول عليها في شرائح معاملة بطرق مختلفة أخرى، لأن معاملة الشرائح وحذف بعض المنحنيات تؤثر على شدة منحنيات الأطوار الأخرى. فضلاً عن احتواء بعض النماذج على تركيز عالية من أطوار الحديد التي ترفع من شدة خط المرجع وهذه تؤدي الى صعوبة تقدير كمية المعدن بالاعتماد على المساحة تحت منحنى الانعكاس أو الشدة بالنسبة لأطوار الحديد وكذلك الأطوار المعدنية الأخرى المصاحبة. لذلك فإن التحاليل المعدنية الوصفية يتم التعرف عليها من خلال نشرات حيود الأشعة السينية، بينما يمكن من التحاليل الكيمائية تقدير المحتوى المعدني بشكل دقيق.



## تقدير المحتوى المعدني

يتكون الكاولينيت من سليكات الألمنيوم  $(Al_4Si_4O_{10}(OH)_8)$  بنسب  $(Al_2O_3=39.50; SiO_2=46.55)$  و  $H_2O=13.95$  (and  $H_2O=13.95$ ) والإلايت من سليكات الألمنيوم واليوتاسيوم  $(K_2Al_4Si_6Al_2O_{20}(OH)_4)$  بنسب  $(K_2O=11.85; Al_2O_3=38.4; SiO_2=45.25$  and  $H_2O=4.5)$  أما أطوار الحديد فتتكون من أكاسيد الحديد (الهيماتيت،  $Fe_2O_3$ ) وهيدروكسيد الحديد (الجوثايت،  $FeOOH$ )، بنسب  $(Fe_2O_3=89.87; H_2O=10.13)$  وأطوار التيتانيوم من أكاسيد التيتانيوم  $(TiO_2)$  والكوارتز من السليكا  $(SiO_2)$ . وتشكل تراكيز كل من هذه الأكاسيد المكونة لهذه الأطوار المعدنية أكثر من 1%، بينما يبلغ تركيز كل من الأكاسيد الرئيسة الأخرى أقل من 1% والتي تشمل أكاسيد المغنسيوم والكالسيوم والصوديوم والفسفور.

يشير الجدول (1) إلى أن تركيز اليوتاسيوم لا يتجاوز 2%، وهي إشارة بشكل عام إلى وجود طور اللايت وعدم وجود أطوار الفلسبار، وأن عملية تحليل معادن المايكا في الصخور الأصلية ولاسيما المسكوفيت (md1) إلى الكاولينيت غير كاملة (Mchailids and Tsiranbides, 1986).

كما ظهر في التحاليل المعدنية وجود منحنيات انعكاس اللايت في النماذج التي تحتوي على أكثر من 1% من أكسيد اليوتاسيوم. ولذلك فإن وجود اليوتاسيوم في النماذج يعزى إلى معدن اللايت (Jepson and Rowse, 1975). ويمكن حساب كمية الألومينا والسليكا وماء التبلور في اللايت نسبة إلى تركيز اليوتاسيوم حسب النسب اعلاه. بينما تمثل الألومينا الباقية الكمية الداخلة في الكاولينيت، وتجدر الإشارة إلى أن أحلال الألمنيوم محل الحديد في أطوار الحديد لأطياف الكعرة هي قليلة جداً (Al-Youzbakey, 1994) بينما يبلغ معدل أحلال الحديد في كاولينيت الكعرة حوالي 1.5% (جدول 1)، وتؤخذ قيم الأحلال هذه بنظر الاعتبار في حساب كمية الكاولينيت. وتحسب كمية السليكا وماء التبلور في المعدن نسبة إلى كمية الألمنيوم، أما كمية السليكا المتبقية فتعزى إلى معدن المرو، حيث أن نسبة السليكا غير المتبلورة ضئيلة (اليوزبكي، 1989). ويمكن حساب كمية معدن الجوثايت نسبة إلى كمية ماء التبلور المتبقي. أما كمية معادن الهيماتيت والأثايتس والروتايل فتحسب من تراكيز أكاسيد الحديد المتبقي وتراكيز التيتانيوم على التوالي. وقد تعذر حساب كمية كل من الأثايتس والروتايل وذلك لتباين درجة تبلور كل منهما حيث يكون منحني انعكاس الروتايل أكثر حدة وشدة نسبة إلى نفس الكمية من الأثايتس، وبشكل عام فإن كمية الأثايتس هي أكثر من الروتايل في جميع النماذج وبعضها لا تحتوي على الروتايل. أما بقية الأكاسيد فتمثل أما عناصر مميزة على المعادن الطينية مثل الصوديوم أو على أطوار الحديد مثل الفوسفور وبعضها بسبب وجود معادن ثانوية من الكاربونات والجبسوم والهالايت وجميعها بكميات ضئيلة ومتباينة.

ويوضح الجدول (2) النسب المئوية للمكونات المعدنية التي تم حسابها كيميائياً ونسب الشوائب التي

تمثل المعادن الثانوية التي تتواجد بشكل أملاح الهاليت والجبسوم الثانوي والكالسايت الثانوي. وتجدر الإشارة إلى أن مجموع النسب المئوية للمعادن في كل نموذج تقل بمقدار نسبة ماء الرطوبة (H<sub>2</sub>O) عن مجموع النسب المئوية للأكاسيد في كل نموذج.

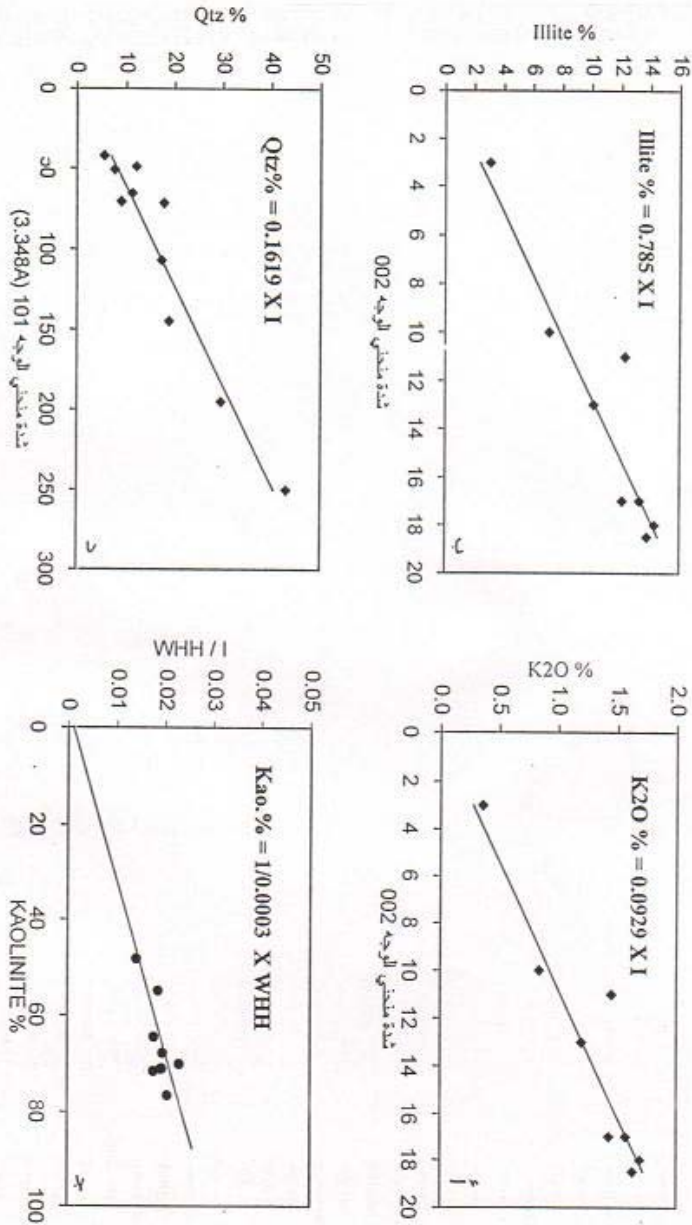
جدول 1: التحاليل الكيميائية لنماذج مختارة من أطيان كاؤولين الكعرة.

GSB5	GSB4	GSB3	GWJ3	GWJ1	GNJ6	GNJ5	GNJ4	GNJ3	GNJ2	GNJ1	
44.91	54.47	64.63	53.07	49.66	47.00	68.12	43.10	45.96	43.16	53.52	SiO <sub>2</sub>
0.83	1.32	1.85	1.14	1.02	0.95	0.91	1.04	0.93	1.00	1.03	TiO <sub>2</sub>
31.69	29.88	22.05	30.05	31.97	21.11	20.34	28.92	30.53	24.88	16.15	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
4.26	1.79	4.88	2.19	2.57	14.39	3.10	11.56	6.25	11.50	23.20	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0.62	0.08	0.25	0.12	0.06	0.74	0.08	0.35	0.39	0.31	.10	FeO
0.31	0.15	0.07	0.09	0.14	0.26	0.36	0.12	0.33	0.26	0.09	MgO
0.31	0.30	0.07	0.13	0.21	0.38	0.19	0.19	0.17	0.15	0.09	CaO
0.40	0.91	0.17	0.26	0.32	0.15	0.10	0.07	0.08	0.35	0.05	Na <sub>2</sub> O
1.45	0.14	0.03	0.31	0.25	1.48	1.31	0.36	1.20	1.43	0.09	K <sub>2</sub> O
0.09	0.06	0.04	0.02	0.02	0.20	0.02	0.04	0.04	0.02	0.07	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
10.99	10.78	7.90	10.74	11.85	9.32	6.55	10.41	10.61	9.32	7.54	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>
3.40	1.40	0.01	0.75	2.45	2.74	1.08	2.20	2.46	6.59	0.00	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>
99.26	101.28	101.95	98.87	100.52	97.72	102.16	98.36	98.95	98.97	101.93	Total
1.76	0.96	0.39	1.02	2.13	2.78	0.92	1.16	2.00	1.37	1.26	Fe St
Mean	GWC2	GWC1	GWD9	GWD8	GWD6	GWD5	GWD3	GWD2	GWD1	GSB6	
56.41	50.96	48.64	51.16	47.22	36.94	55.76	55.65	57.20	53.89	46.85	SiO <sub>2</sub>
1.18	0.92	1.02	1.51	1.01	0.66	0.90	1.12	1.19	1.24	0.92	TiO <sub>2</sub>
28.92	26.06	32.22	31.69	28.94	11.46	20.87	25.49	27.73	26.52	30.99	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
8.39	7.05	3.69	3.85	6.15	37.43	2.74	5.12	0.60	1.66	5.45	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0.34	0.64	0.28	0.55	0.57	0.52	0.14	0.08	0.04	0.13	0.33	FeO
0.27	0.28	0.34	0.22	0.28	0.38	0.14	0.12	0.27	0.52	0.33	MgO
0.38	0.19	0.22	0.21	0.20	1.61	0.24	0.05	0.30	1.80	0.17	CaO
0.38	0.17	0.32	0.47	0.51	0.26	0.13	0.92	0.49	0.80	0.21	Na <sub>2</sub> O
0.94	1.47	1.69	0.84	1.57	0.94	1.09	0.19	0.26	0.17	1.63	K <sub>2</sub> O
0.09	0.05	0.07	0.13	0.12	0.26	0.03	0.02	0.04	0.32	0.08	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
10.54	8.84	10.77	11.01	10.10	7.95	7.40	9.71	9.77	9.67	10.74	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>
2.82	2.55	0.00	0.45	3.36	3.91	7.28	2.08	2.69	5.46	2.77	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>
	99.18	99.26	102.09	100.03	102.32	96.72	100.55	100.58	102.18	100.47	Total
1.68	1.43	1.61	1.44	1.29	2.1	2.33	1.75	1.62	1.24	2.25	Fe St

يمثل ( الشكل 3 أ) العلاقة بين تركيز K<sub>2</sub>O% وشدة انعكاس منحنى الوجه 002 (5A°) للإليت، حيث لم تظهر العلاقة واضحة مع كل من منحنى انعكاس الوجهين 001 (10A°) و 003 (3.33A°)، ولذلك يمكن تقدير نسبة الإليت في النموذج بالأحتماد على العلاقة بين شدة انعكاس الوجه 002 ونسبة الإليت المحسوبة كيميائياً (الشكل 3 ب):

$$\text{Illite \%} = 0.785 * I_{5A}^{\circ}$$

حساب المحتوى المعدني في أطياف.....



الشكل 3 : أ. العلاقة بين تركيز الوبالتسيوم وشدة الوجة 002 . ب. العلاقة بين النسب الطيفية للازوت المحسوبة كيميائيا مع شدة مناطق الوجة 002 . ج. العلاقة بين النسب للمدوية الكاؤولينايت المحسوبة كيميائيا مع النسبة WHH/I الوجة 001 . د. العلاقة بين النسب للمدوية الكاؤولينايت المحسوبة كيميائيا مع شدة الوجة 101 .



جدول 2: النسب المئوية للأطوار المعدنية في أطيان الكاؤولين (محسوبة من التحاليل الكيميائية).

التنوع	الكاؤولينات	الإليت	المرو	الجونايت	الهيماتيت	الأتايس والروتايل	شوائب	المجموع
GNJ1	43.34	0.76	33.00	14.41	8.99	1.03	0.30	101.53
GNJ2	54.86	12.09	12.15	11.06	0.13	1.00	0.78	91.29
GNJ3	72.49	10.14	7.62	0.39	3.90	0.93	0.62	95.48
GNJ4	73.19	3.04	7.65	0.59	9.87	1.04	0.42	95.39
GNJ5	43.06	11.07	43.07	0.39	1.83	0.91	0.67	100.33
GNJ6	48.32	12.51	18.85	9.97	2.65	0.95	0.99	93.25
GWJ1	84.27	2.11	9.47	0.00	0.44	1.02	0.69	97.32
GWJ3	76.11	2.62	16.45	0.00	1.17	1.14	0.50	97.50
GSB3	56.56	0.25	38.18	0.00	4.49	1.85	0.35	101.34
GSB4	76.93	1.18	18.13	0.00	0.83	1.32	1.42	98.38
GSB5	72.77	12.26	5.49	2.76	0.02	0.83	1.11	94.13
GSB6	70.76	13.78	7.68	2.47	0.98	0.92	0.79	96.58
GWD1	68.88	1.44	21.18	0.00	0.42	1.24	3.44	93.15
GWD2	69.33	2.20	23.93	0.00	0.10	1.19	1.10	96.75
GWD3	67.07	1.61	23.70	2.76	1.02	1.12	1.11	97.28
GWD5	49.78	9.21	28.42	0.39	0.06	0.90	0.54	88.76
GWD6	25.72	7.95	21.37	39.49	0.19	0.66	2.51	95.38
GWD8	64.44	13.27	11.22	5.03	0.02	1.01	1.11	94.99
GWD9	76.59	7.10	12.29	0.00	2.56	1.51	1.03	100.06
GWC1	71.15	14.29	9.06	1.97	0.55	1.02	0.95	98.03
GWC2	59.21	12.43	17.77	0.20	4.77	0.92	0.69	95.30
المدى	84.3-25.7	14.3-0.3	43.1-5.5	39.5-0.0	9.9-0.02	1.8-0.7	3.4-0.3	
المتعل	63.09	7.21	18.41	4.38	2.14	1.07	1.01	

أما معدن الكاؤولينات فلم تظهر علاقة واضحة بين كل من شدة المنحني 001 ( $7.2 \text{ \AA}$ ) أو سعة المنحني عند منتصف الأرتفاع (WHH) بينما ظهرت العلاقة خطية واضحة بين كمية الكاؤولينات المحسوبة كيميائياً مع نسبة السعة عند منتصف الأرتفاع الى الشدة، شكل (3-ج):

$$\text{Kaolinite \%} = 1/0.0003 * \text{WHH} / I_{7.2\text{\AA}}^{\circ}$$

ويمكن تقدير نسبة المرو بالاعتماد على العلاقة بين كمية المرو المحسوبة كيميائياً وشدة منحني

أنعكاس الوجه 101 ( $3.34 \text{ \AA}$ ) ، شكل (3-د):

$$\text{Quartz \%} = 0.1619 * I_{3.34\text{\AA}}^{\circ}$$

أما أطوار الحديد (الهيماتيت والجونايت) فيمكن حساب كميتهما كيميائياً كما سبق الذكر، ويمكن تقدير

كمية كل منهما من خلال العلاقة التالية (Al-Youzbakey, 1994):

$$\text{Hematite \%} = \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ total} * (I * \text{WHH}_{(102)\text{ hem.}} / I * \text{WHH}_{(110)\text{ goe.}})$$

$$\text{Goethite \%} = \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ total} - \text{Hem. \%}$$

ولكن بسبب ان قياس هذه المعاملات ( الشدة والسعة) لا تكون دقيقة الا بعد معاملة النماذج بمادة

هيدروكسيد الصوديوم لغرض اذابة الكاؤولينات والتخلص من منحنيات انعكاسها دون ان تؤثر على الصفات



البورية لأطوار الحديد. ولذلك من الممكن الأكتفاء بحساب نسب أطوار الحديد من خلال التحاليل الكيميائية. وكذا هو الحال لحساب أطوار التيتانيوم كما سبق الذكر.

جدول 3: شدة (ارتفاع) منحنيات الانعكاس (I) والسعة عند منتصف الارتفاع (WHH) بالملمتر.

التموج	الكاولينيات			الإليت		
	المرو I 3.34 Å°	WHH <sub>3.34 Å°</sub>	I 7.2 Å°	I 3.3 Å°	I 5 Å°	I 10 Å°
GNJ2	84	4	216	31	17	35
GNJ3	51	7	305	39	13	26
GNJ4	71	5.5	284	5	3	4
GNJ5	250	4.7	322	16	3	15
GNJ6	145	3	211	25	6	27
GSB5	42	4.5	256	24	11	31
GSB6	112	5.7	315	52	18.5	77
GWD5	195	2.8	170	12	4	12
GWD8	66	3.8	215	25	17	23
GWD9	107	5.1	249	24	10	26
GWC1	49	6	315	58	18	61
GWC2	72	4.2	247	17	6	17

ويوضح الجدول (4) الفارق بين النسب المئوية للأطوار المعدنية المحسوبة من التحاليل الكيميائية مع المحسوبة من معطيات تحاليل الأشعة السينية الحادثة لأطوار الكاولينيات والإليت والمرو.

جدول 4: مقارنة بين نسب أطوار المعادن المحسوبة كيميائياً ومن معطيات الأشعة السينية الحادثة.

التموج	الكاولينيات %		الإليت %		المرو %	
	من التحاليل الكيميائية	من معطيات الأشعة السينية	من التحاليل الكيميائية	من معطيات الأشعة السينية	من التحاليل الكيميائية	من معطيات الأشعة السينية
GNJ2	54.86	61.73	12.09	13.35	12.15	13.60
GNJ3	72.49	76.50	10.14	10.21	7.62	8.26
GNJ4	73.19	64.55	3.04	2.36	7.65	11.49
GNJ5	43.06	48.65	11.07	2.36	43.07	40.48
GNJ6	48.32	47.39	12.51	4.71	18.85	23.48
GSB5	72.77	58.59	12.26	8.64	5.49	6.80
GSB6	70.76	60.32	13.78	14.52	7.68	18.13
GWD5	49.78	54.90	9.21	3.14	28.42	31.57
GWD8	64.44	58.91	13.27	13.35	11.22	10.69
GWD9	76.59	68.27	7.10	7.85	12.29	17.32
GWC1	71.15	63.49	14.29	14.13	9.06	7.93
GWC2	59.21	56.68	12.43	4.71	17.77	11.66

### الاستنتاج

من الممكن تقدير المحتوى المعدني لأطيان من نوع الكاؤولين من خلال التحليل الكيميائي وذلك لتشابه الأطوار المعدنية (اللايت والجوثايت والهيماتايت والمرو والأناتيس) المصاحبة لمعدن الكاؤولينايت الذي يولف الجزء الأكبر من هذه الأطيان.

إن تشابه معاملات الأمتصاص الكتلتي لنماذج أطيان الكاؤولين بسبب تشابه محتواها من الأطوار المعدنية اعلاه تسمح باستخدام المعادلات الأنفة الذكر في تقدير بشكل تقريبي نسب هذه المعادن في نماذج الكاؤولين.

يعكس المحتوى المعدني لأطيان كاؤولين الكعرة مجال استخدامها الصناعي. فمثلاً الكاؤولين الحاوي على تراكيز قليلة من أطوار الحديد والمرو تفيد في الصناعات السيراميكية والأدوات الصحية والاستخدامات الطبية. بينما تشكل النسب القليلة من اللايت والأناتيس كمعادن مساعدة في عملية رفع مواصفات هذه الأطيان من حيث الدونة والتماسك مثلاً وتبعاً لكل استخدام (Van Oiphen and Veniale, 1981).

### المصادر العربية

البيوزكي، قتيبة توفيق، 1989. دراسة جيوكيميائية ومعدنية للحديد المتواجد مع الترسبات الطينية في تكوين الكعرة في الصحراء الغربية. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 186 صفحة.

صاوق، علي جعفر، 1985. دراسة سطحية-تحت سطحية معدنية جيوكيميائية للخامات الطينية والحديدية لصخور حقبة الحياة القديمة (البليوزوي) في الصحراء الغربية-العراقية. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 182 صفحة.

طوبيا، فرج حبيب، 1983. جيوكيميائية ومعدنية ترسبات الحديد لتكوين الحسينيات في منطقة الصحراء الغربية العراقية. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 156 صفحة.

### المصادر الاجنبية

Aboud, D.Y. and Raouf, K.A., 1972. Report on the geological investigation carried out on clay deposits of Samhat area, Middle Western rim of Al-Ga'ara depression. Unpub. Report, S.O.M., Baghdad, Iraq.

Al-Bassam, K.S. and Tamer Agha, M. Y., 1998. Genesis of Hussainyat ironstone deposits, western desert, Iraq. Mineralium Deposita, 33, pp.266-82.

Al-Youzbakey, K.T., 1994. The identification and characterization of iron oxide phases in Ga'ara Formation after treating with NaOH. Iraqi Geological Journal, 27(3), pp.130-151.

- Ambrosi, J.P. and Nahon, D., 1986. Petrological and geochemical differentiation of lateritic iron crust profiles. *Chemical Geology*, 57, pp.371 – 393.
- Bear, F.E., 1965. *Chemistry of the soil*. 2nd Edition, Reinhold Publishing Corporation, New York, 515p.
- Bjorlykke, K., 1975. Mineralogical and chemical changes during weathering of acid and basic rocks in Uganda. *Geologist Tideskrift*, 55, pp.81–89.
- Brindley, G.W. and Brown, G., 1980. *Crystal structure of clay minerals and their x-ray identification*. Mineralogical Society, 295p.
- Ctyroky, P., 1973. Permian flora from the Gaara region (western Iraq). *Neues Jahrb. Geol., Paleont., Menatscheffe*, Stuttgart. In Buday, T. and Hak, J., 1980: Report on the geological survey of the western part of the western desert, Iraq x-ray identification. Mineralogical Society, 295p.
- Ctyroky, P., 1973. Permian flora from the Gaara region (western Iraq). *Neues Jahrb. Geol., Paleont., Menatscheffe*, Stuttgart. In Buday, T. and Hak, J., 1980: Report on the geological survey of the western part of the western desert, Iraq. UnPub. Report, S.O.M., Baghdad, Iraq.
- Gillott, J.E., 1968. *Clay in engineering geology*. Elsevier Publishing Company, New York, 296p.
- Henderson, P., 1982. *Inorganic geochemistry*. Pergamon Press, Oxford, 353 p.
- Hutchison, C.S., 1974. *Laboratory handbook of petrographic techniques*. John Wiley and Sons, New York, 527 p.
- Ibanga, I. J., Buol, S.W., Weed, S.B. and Bown, L.H., 1983. Iron oxides in petroferic material. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47, pp.1240-1246.
- Jassim, Z., Tamer Agha, M.Y. and Al-Bassam, K.S., 1986. Excursion guide to the western desert, 7th Iraqi Geological Congress, Baghdad, Iraq.
- Jeffery, P.G. and Hutchison, D., 1981. *Chemical methods of rock analysis*. 3rd edition, Pergamon Press, Oxford, 379p.
- Jepson, W.B. and Rowse, J., 1975. The composition of kaolinite—an electron microscope microprobe study. *Clays and Clay Minerals*, 23, pp.310–317.
- Keller, W.D. and Haenni, R.P. 1978. Effects of Micro-sized Mixtures of Kaolin Minerals on Properties of Kaolinites. *Clays and Clay Minerals*, 26(6), pp.384-396.
- Krauskopf, K.B., 1985. *Introduction to geochemistry*. 2nd Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 617p.
- Mehra, O.P. and Jackson, M.L., 1960. Iron oxide removal from soil and clays by a dithionite-citrate system Buffered with sodium bicarbonate, 7th national Conference on Clays and Clay Mineral, pp.317-326.
- Michailidis, K. and Tsirambides, A., 1986. The kaolin deposits of Leucogia, Greece. *Clay Minerals*, 21, pp.417-426.
- Millott, G., 1970. *Geology of clays*. Springer-Verlag, New York, 429p.
- Milnes, A. R., Bourman, R.P. and Fitzpatrick, R.W., 1987. Petrology and mineralogy of laterites in southern and eastern Australia and southern Africa. *Chemical Geology*, 60, pp.237-250.
- Nader, A. D., Khalaf, F. H. and Yousif, R. H., 1993. Polynology of the upper part of the



- Ga'ara Formation in the Western Iraqi desert. *Mu'tah Journal for Research and Studies*, 8(4), pp.77-137.
- Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary rocks*. 3rd. Edition, Harper and Row Publishers Inc., New York, 628 p.
- Reading, M.G., 1981. *Sedimentary environments and facies*. Blackwell Scientific Publication, U.K. 569p.
- Salman, H.H., 1977. *Sedimentology of the upper part of Ga'ara Formation, western Iraq*. Unpub. M. Sc. Thesis. Coll. of Sci., Univ. of Baghdad, 118p.
- Sayin, M. and Jackson, M.L., 1975. Anatase and rutile determination in kaolinite deposits. *Clays and Clay Minerals*, 23, pp.437-443.
- Stoch, L. and Sikora, W., 1976. Transformations of micas in process of kaolinitization of granites and gneisses. *Clays and Clay Minerals*, 24, pp.156-162.
- Tamer-Agha, M.Y., 1986. Report on the detailed geological mapping of the southern rim of the Ga'ara Depression. Unpublished report, part one, GEOSURV. Library No. 1779, 195p.
- Van olphen, H. and Veniale, F., 1981. *Development in Sedimentolgy*. International Clay Conference, Elsevier, Oxford, 827p.
- Watanabe, K., 1987. Geochemical behavior of iron and manganese ions in the Ningyo-Toge uranium deposits, southwest Japan. *Chemical Geology*, 60, pp.299-307.
- Weaver, C.E. and Pollard, L., 1975. *The chemistry of clay minerals*. Elsevier Co. Amsterdam, 213p.
- Weaver, C.E., 1976. The nature of TiO<sub>2</sub> in kaolinite. *Clays and Clay Minerals*, 24, pp.215-218.
- Yakta, S.A., 1972. *Petrological investigation in the Al-Ga'ara area*. Unpub. Report, S.O.M., Baghdad, Iraq.
- Yakta, S.A., 1981. *Ironstone sedimentation in western desert, Iraq*. Unpub. M.Sc. Thesis, Univ. of Wales, 256p.