جامــعة واســـط
مجلـــــة كليـــــة التربيـــة

العـدد الحادي والأربعون
الجزء الثالث/تشرين الثاني/٢٠٢٠

أثر عمليات التجوية على المواقع الأثرية في محافظة واسط

أ.د.ناصر والي فريح الركابي الباحث: عبد الكريم عباس كريم گهار
جامعة واسط_ كلية التربية للعلوم الإنسانية

المستخلص

تعد عمليات التجوية واحدة من أهم العمليات الجيومورفولوجية التي تمارس تأثيرها على المواقع الأثرية في منطقة الدراسة، أذ هي عبارة عن عمليات خارجية تمارس نشاطها على سطح الأرض، وبذلك تقع التجوية ضمن تصنيف العمليات المورفومناخية لكون الأغلب منها تقع تحت تأثير الظروف المناخية هذا فيما يتعلق بالتجوية الفيزيائية والكيميائية التي تتوقف على طبيعة المناخ الجاف والرطب، في حين تتوقف التجوية الحياتية على عمل الإنسان وممارسة نشاطه، ولا يكاد يخلو موقع أثري من تأثير عمليات التجوية سواء على سطحه بالنسبة لتلال الأثرية، أو على جدرانه بالنسبة للمباني التاريخية، وهذا يتطلب من فرق الصيانة الأثرية أن تتابع التجوية وتأثيرها، ومن ثم وضع وسائل تحد من نشاطها قدر الإمكان.

The impact of weathering operations on archaeological sites in Wasit governorate

Prof. Dr. Nassir Wally Fraih Al_Rikabi
Researcher.Abd al_kareem Abbss kareem Ghar

Abstract

Weathering is one of the most important geomorphological processes that exert their influence on archaeological sites in the study area, They are external processes that operate on the surface of the Earth, Thus weathering falls within the classification of morphoclimatic processes because most of them fall under the influence of this climatic conditions with respect to physical and chemical weathering, which depends on the nature of dry and wet climate, While weathering depends on the work of human and the exercise of his activity, An archaeological sites is hardly devoid of the impact of weathering operations either on its surface for archaeological hills or on its walls for historic buildings, This requires archaeological maintenance teams to monitor weathering and impact, and then develop means to limit their activity as much as possible.

ـ مشكلة البحث :

(هل لعمليات التجوية أثراً على المواقع الأثرية في منطقة الدراسة؟)

ـ فرضية البحث :

(لعمليات التجوية تأثيراً بارزاً على المواقع الأثرية في منطقة الدراسة، متمثلة بأنواعها المتعددة)

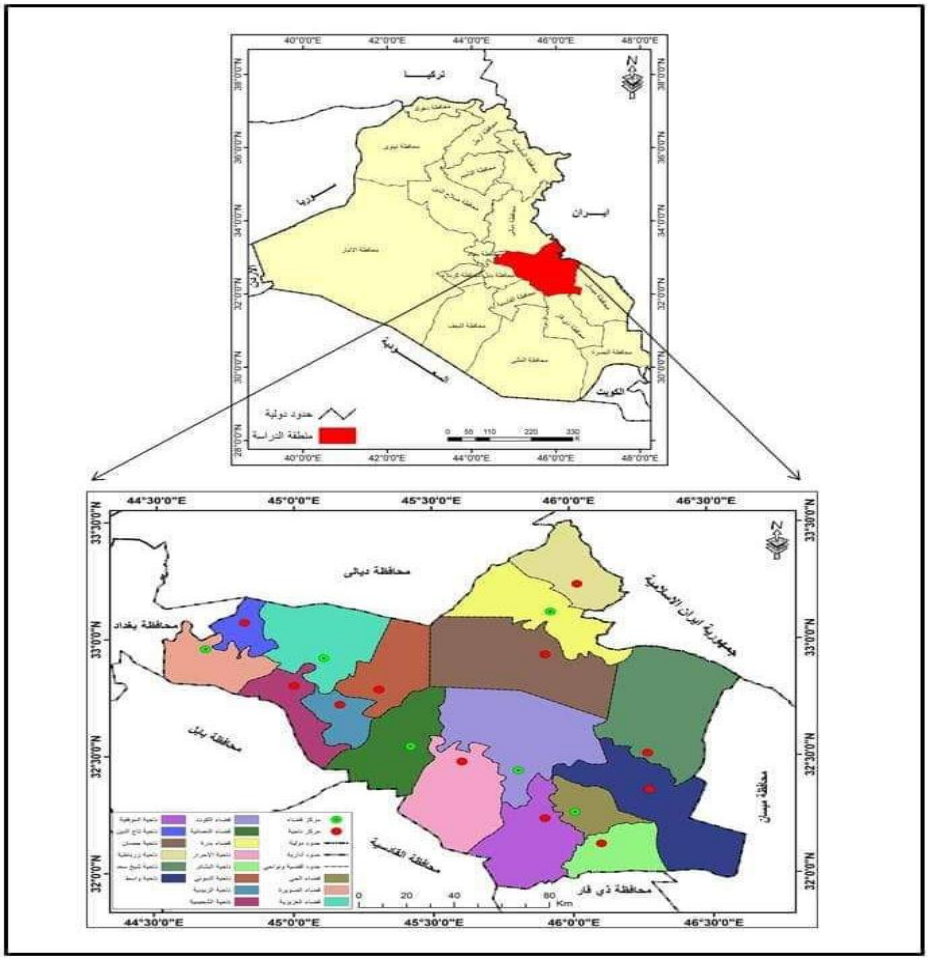
ـ هدف الدراسة : تهدف الدراسة الى بيان الأثر الذي تتركه عمليات التجوية في المواقع الأثرية، من خلال التأثير الذي تمارسه الظروف الطبيعية والبشرية، والتعرف على العمليات الأكثر بروزاً في تلك المواقع أيضاً.

ـ الحدود المكانية :

تقع منطقة الدراسة جغرافياً في المنطقة الوسطى، وتحديداً عند القسم الجنوبي من وسط العراق، وتحدها من الشمال محافظة ديالى، ومن الشمال الغربي محافظة بغداد، وتتمثل حدودها من الغرب بمحافظة ميسان، في حين من الشرق تتمثل بالحدود السياسية بين العراق وإيران، خريطة (١)، أما موقع منطقة الدراسة فلكياً فأنها تقع بين دائرتي عرض (٢٧ـ ٣٢° _ ٣ـ ٣٣° شمالاً)، وخطي طول (٣٠ـ ٤٤° _ ٣٠ـ ٤٦° شرقاً).

الخريطة (١)

موقع منطقة الدراسة



المصدر: الباحث بالأعتماد المرئية الفضائية Land Sat 8، برمجيات ArcGIS 10.4

أولا : التجوية(Weathering)

وهي أحد تلك العمليات التي تتأثر بشكل كبير، والتي تجري على الصخور فتعمل على تهشيمها بعدة طرق (كالتفتت والتفلق والتميؤ والتحلل والأكسدة والتبلور والذوبان والتقشر)، وبعبارة أخرى هي عمليات

تكسير وتهشيم، فضلاً عن تحليل الصخور ومعادنها بواسطة العمل الكيميائي والميكانيكي لمجموعة العناصر المناخية دون حدوث أي تحرك أو إزاحة عن مواقعها على السطح(١). وتتوقف عملية التجوية على التكوين المعدني للصخور، فضلاً عن طبيعة المواد اللاحمة بين ذراتها، فهما يحددان التفكك الصخري الميكانيكي او الكيميائي، فضلاً عن ذلك فإن لنوعية الصخور دوراً في نشوء العمليات الجيومورفولوجية وتطورها ومنها التجوية(٢). وهذا يعود الى أن أغلب هذه العمليات تبدأ فعلها من التجوية لكونها تعمل على تهيئة الكتل الصخرية إلى مواد تكون قابلة لعمليات الحت والنقل والترسيب، كما إنها تساهم في تكوين الترب وتطويرها.

وتتعرض جميع أنواع الصخور لفعل التجوية عند ظهورها على سطح الأرض، والتي ينجم من خلالها أشكال أرضية جديدة أو تعديل للأشكال الأرضية القديمة تبعاً للاختلافات في التراكيب الصخرية من ناحية، والمدة الزمنية التي تتعرض الصخور فيها لفعل التجوية من ناحية آخرى، فيتعرض سطح الأرض أو القرب منه لفعل التجوية وتقل تدريجياً كلما تقدمنا نحو باطن الأرض(٣). وتختلف أشكال التجوية وصورها في المواقع الأثرية لمنطقة الدراسة، تبعاً للاختلافات في العوامل التي تساعد على نشاطها وأهمها العوامل المناخية والتركيب المعدني لصخور المباني، ويمكن أن ينحصر تأثير التجوية الكيميائية بنسبة كبيرة على المباني التأريخية القديمة، أما التجوية الميكانيكية فتظهر بشكل كبير على التلال الأثرية او الأيشانات القديمة، وتبرز آثار التجوية بشكل واضح على المواقع الأثرية التي تتعرض لعملها بشكل مستمر، والتي تعكس توافر الظروف المناخية المكونة لها، إذ إن التجوية بنوعيها الميكانيكي والكيميائي قد تحدث في مكان ولا يمكن أن تحدث في مكان آخر، إذ تتباين عمليات التجوية زمانياً ومكانياً، وتنقسم على قسمين:

١_ التجوية الفيزياوية (Physical Weathering)

ويمكن تعريفها بكونها عملية تفكك وتفتت صخور المباني الأثرية بصورة طبيعية، ومن ثم تتحول إلى حطام أو مفتتات صغيرة بدون أي تغير في تركيبها الكيميائي، بمعنى أن التركيب الكيميائي والمحتوى الرطوبي لمادة الحطام أو الفتات تبقى على الموضع نفسه التي كانت عليها صخور الأم(٤). وتشمل العمليات الميكانيكية التي تقوم بتوليد قوى فيزياوية التي تقوم بتكسير

الصخور، وتعد التجوية الميكانيكية هي السائدة في المنطقة تبعاً للظروف الملائمة لذلك، إذ إن مجموعة العوامل المناخية عملت على تكوين البيئة الملائمة لتنشيط عملية التجوية الميكانيكية ، فكان للتباين في درجات الحرارة ليلاً أو نهاراً أثرٌ كبيرٌ في تجوية أسطح المباني القديمة نتيجة تأثر مادة الأجر أو مواد البناء الأخرى بهذا التباين، مما أدى إلى توليد قوى لتشقق وتفكك المباني، أما تأثير التجوية الميكانيكية فيتضح بتأثير التلال الأثرية بجذور النباتات الذي تعمل على توسيع شقوق مواد التربة والبناء، وتحدث التجوية الميكانيكية من خلال تميؤ

البلورات الملحية أيضاً، فضلاً عن ما تقوم به قوة تصادم قطرات التساقط المطري من انفصال ذرات التربة وتهيئتها لعمليات التعرية الصفائحية، إذ إن التجوية تكون أكثر وضوحاً في التلال الأثرية ذات الصخور أو الترب الرملية منها في الصخور الصلبة او الجلاميد، إذ تعدد العوامل التي تساعد على نشاط التجوية الميكانيكية في المواقع الأثرية فمنها طبيعية وأخرى بشرية، وبذلك تهيأ الفتات لأسطح المباني القديمة لنشاط التعرية في الموقع الأثري، وبهذا تسبق التجوية الميكانيكية عمليات التعرية التي تقوم بنقل وترسيب المفتتات السطحية للمواقع الأثرية في المناطق التي تقل فيها سرعتها، وفيما يأتي تفصيل لأهم أنواع التجوية الفيزياوية في المواقع الأثرية المتواجدة في منطقة الدراسة:

أ_ التجوية الحرارية (بفعل تغيرات درجة الحرارة)

يعد عنصر الحرارة من أكثر العناصر المناخية تأثيراً في عملية التجوية، بفعل ما يتركه هذا النوع من تشققات وتشظي وتقشر في الصخور، ويحدث هذا النوع من التجوية بفعل التغيرات في درجات الحرارة اليومية والفصلية، أذ يترتب على هذه التغيرات الكثير من الإجهاد لصخور المباني الأثرية ومواد بنائها، وتعد منطقة الدراسة بيئة ملائمة لهذا النوع، لما تشهده من ارتفاع وانخفاض في درجات الحرارة اليومية والفصلية، نتيجة للاختلاف في زاوية سقوط الإشعاع الشمسي وطول النهار، فضلاً عن أتساع المدى الحراري خلال شهر تموز من خلال البيانات المناخية في منطقة الدراسة، إذ سجلت محطات الدراسة أكبر قيم المدى خلال أشهر (تموز، آب، أيلول)، الجدول(١)،الشكل(١) وبلغت قيم المدى الحراري خلال هذه الأشهر في محطة الحي (١٥,٦، ١٦,١، ١٦,٦م°) على التوالي، ومحطة الكوت(١٧,٦، ١٨,١، ١٨,٤م°)، ومحطة بدرة (١٦,٨، ١٧,٥، ١٧,٣م°)، في حين بلغت قيم المدى الحراري خلال هذه الأشهر في محطة العزيزية نحو(١٦,٩، ١٧,٦، ١٧,٣م°) ، في حين بلغ المدى الحراري السنوي نحو(١٣,٦، ١٤,٦، ١٣,٨، ١٤,٤م°) لكل من محطة الحي والكوت وبدرة والعزيزية، أذ ينعكس على أرتفاع درجات الحرارة وأتساع مداها تمدد المعادن المكونة للصخور ومواد البناء للمدن الأثرية، بالمقابل يؤدي قلة المدى الحراري والانخفاض في درجات الحرارة

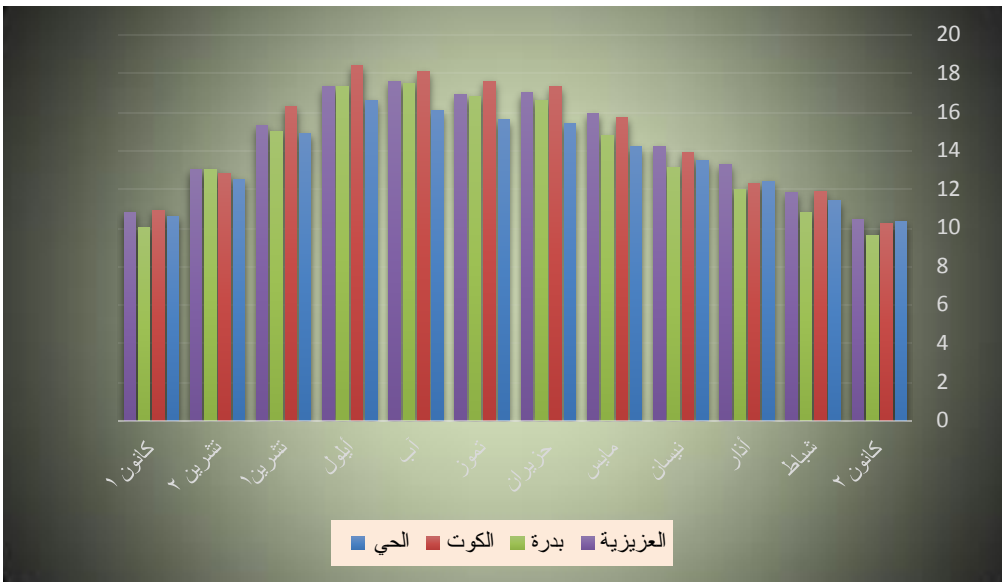
انكماش في المعادن المكونة لها، وبتعاقب عمليتي التمدد والانكماش لمعادن صخور المباني الأثرية ومواد بنائها، فإنها تؤدي الى تشقق وتقشر أو تفلق وانفصال جدران المباني الأثرية، وهذا يتضح من خلال المشاهدة الميدانية لجدران مدينة واسط والصخور الموجودة فوق أسطح التلال الأثرية. كما في الصور (١، ٢، ٣، ٤).

الجدول (١) المعدلات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى في محطات الدراسة للمدة (١٩٨٧_٢٠١٧)

الشهر / المحطة	درجات الحرارة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
الحي	الصغرى	٦,٨	٨,٩	١٣	١٨,٤	٢٤,٦	٢٨,١	٢٩,٨	٢٩,٥	٢٥,٤	٢٠,٦	١٣,١	٨,٨	١٨,٩
	العظمى	١٧,١	٢٠,٣	٢٥,٤	٣١,٩	٣٨,٨	٤٣,٥	٤٥,٤	٤٥,٦	٤٢	٣٥,٥	٢٥,٦	١٩,٤	٣٢,٥
	المدى	١٠,٣	١١,٤	١٢,٤	١٣,٥	١٤,٢	١٥,٤	١٥,٦	١٦,١	١٦,٦	١٤,٩	١٢,٥	١٠,٦	١٣,٦
الكوت	الصغرى	٦,١	٧,٦	١١,٧	١٧,٢	٢٢,٣	٢٥,٦	٢٧,٦	٢٧,١	٢٢,٩	١٨,٣	١٢,٢	٨,١	١٧,٢
	العظمى	١٦,٣	١٩,٥	٢٤	٣١,١	٣٨,١	٤٢,٩	٤٥,٢	٤٥,٢	٤١,٣	٣٤,٦	٢٥	١٩	٣١,٨
	المدى	١٠,٢	١١,٩	١٢,٣	١٣,٩	١٥,٧	١٧,٣	١٧,٦	١٨,١	١٨,٤	١٦,٣	١٢,٨	١٠,٩	١٤,٦
بدرة	الصغرى	٦,٨	٨,٧	١٢,٨	١٨,١	٢٣,٥	٢٦,٩	٢٩,١	٢٨,١	٢٤,٣	١٩,٩	١١,٨	٨,٤	١٨,٢
	العظمى	١٦,٤	١٩,٥	٢٤,٨	٣١,٢	٣٨,٩	٤٣,٥	٤٥,٩	٤٥,٦	٤١,٦	٣٤,٩	٢٤,٨	١٨,٤	٣٢,١
	المدى	٩,٦	١٠,٨	١٢	١٣,١	١٤,٨	١٦,٦	١٦,٨	١٧,٥	١٧,٣	١٥	١٣	١٠	١٣,٨
العزيزية	الصغرى	٦	٧,٦	١١,٣	١٦,٤	٢١,٨	٢٥,٤	٢٧,٧	٢٧,١	٢٣,٢	١٨,٥	١١,٢	٧,٣	١٧
	العظمى	١٦,٤	١٩,٤	٢٤,٦	٣٠,٦	٣٧,٧	٤٢,٤	٤٤,٦	٤٤,٧	٤٠,٥	٣٣,٨	٢٤,٢	١٨,١	٣١,٤
	المدى	١٠,٤	١١,٨	١٣,٣	١٤,٢	١٥,٩	١٧	١٦,٩	١٧,٦	١٧,٣	١٥,٣	١٣	١٠,٨	١٤,٤

المصدر: وزارة النقل، الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، ٢٠١٧

الشكل (١) المعدلات الشهرية والسنوية للمدى الحراري في محطات الدراسة للمدة(١٩٨٧_٢٠١٧)



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول (١)

الصورة (١) توضح تقشر الجدران بفعل تغير الحرارة (بناية النجمي)

الصورة (٢) توضح تقشر القطع الصخرية بفعل تغير الحرارة

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٢/٣

الصورة (٣) توضح أثر التغيرات في الحرارة على تفلق الصخور(تل العكر)

المصدر : الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٢/٣

الصورة (٤) توضح أثر التباين الحراري على تشقق الصخور (تل ابوغريب)

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/١٤

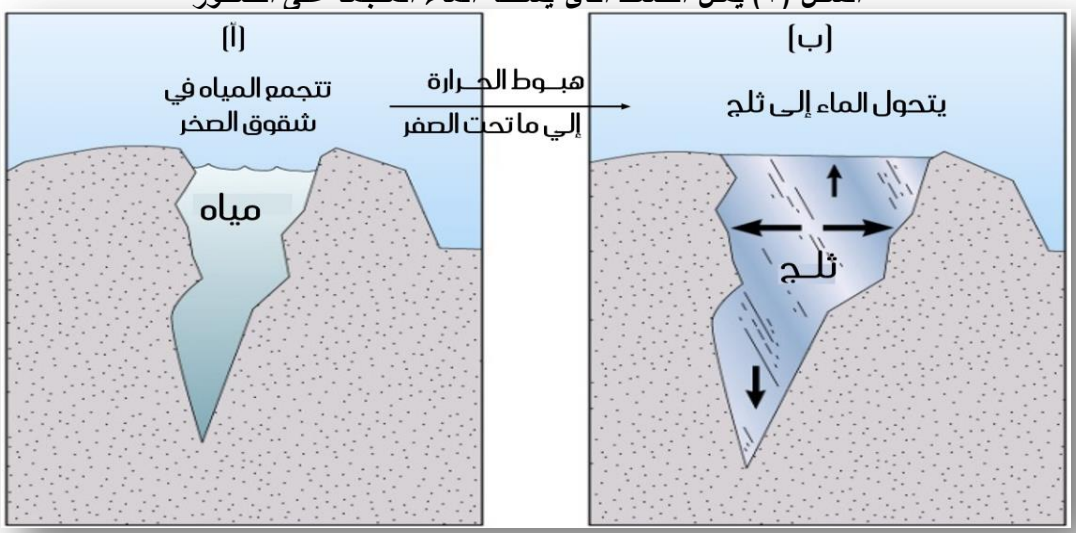
وعليه فإن أي معدن من المعادن المكونة للصخور سوف يتمدد وينكمش بدرجة وكمية تختلف باختلاف مقدار التذبذب في درجات الحرارة(٥). وتختلف الأضرار التي تسببها التجوية الحرارية في المباني الأثرية تبعاً لاختلاف تركيب مواد الحجارة للمباني الأثرية، وخاصية نقلها للحرارة، وقابليتها للانكماش والتمدد، وهذا يتبع تغيرات درجات الحرارة اليومية والفصلية، فضلاً عن تماسك المواد البنائية للمباني الأثرية مع بعضها.

ب_ التجوية بفعل الصقيع (Weathering by frost)

يحدث هذا النوع من التجوية بفعل تتابع عمليتي الأنجماد والذوبان، إذ إن الماء المتواجد بين جزيئات صخور المباني الأثرية يزداد حجمه عندما يتجمد بنسبة (٩%)، وبذلك تتولد ضغوط شديدة داخل صخور المباني، وبعد ذوبان الماء يخف هذا الضغط، وبتعاقب هاتين العمليتين يؤدي إلى تكسير الصخور والتفتت في أجزائها وتوسيع الشقوق التي تحتويها، إذ يعتمد مقدار الضغط على كمية الماء الموجود داخل مسامات صخور المباني الأثرية التي ترسبت إليها(٦). وأن الضغط الذي يتسلط

نتيجة الزيادة في حجم الماء المتجمد داخل الصخور يقدر بحوالي (١٥٠طن/قدم٢)، وهذا يساعد على تفتيت الصخور، ويسهل عملية تعريتها[٧]. كما يوضح الشكل (٢)، وينتج عن ذلك حطام صخري ذات زوايا حادة. وهذه العملية تحدث في الترب السطحية لتلال الأثرية أيضاً، ففي المناطق التي تهبط فيها درجات الحرارة تحت الصفر يحدث أنجماد الماء فيها ومن ثم تمدده في التربة، مما يسلط ضغطاً شديداً على التربة والصخور التي تعلوها، وهذه العملية تساعد على زيادة رخاوة التربة، وبهذا يسمح بمرور الهواء ويساهم في زيادة خصوبتها، وهذا التمدد الذي حصل في التربة، قد يساعد على حركتها في التلال الأثرية ذات الأنحدار الشديد[٨]. كما في الصورة (٥، ٦).

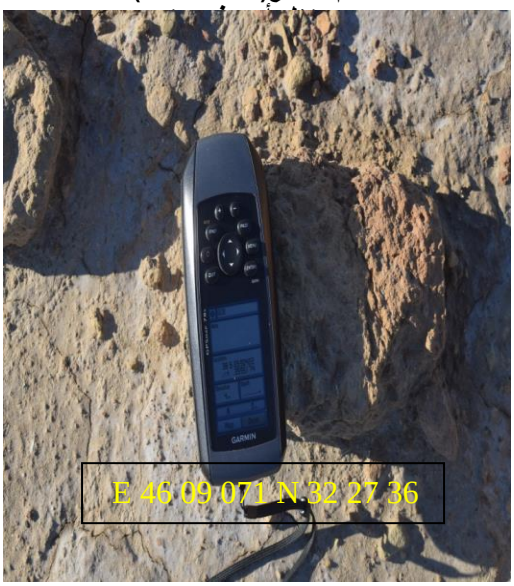
الشكل (٢) يمثل الضغط الذى يسلطه الماء المتجمد على الصخور



المصدر: جودة حسنين جودة، الجيومورفولوجيا: علم أشكال سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية، ١٩٨٨، ص٢٣.

إذ يتطلب هذا النوع سقوط أمطاراً وارتفاع في نسب الرطوبة، وأيضاً يتبعها أنخفاض في درجات الحرارة، ويساهم هذا النوع في تفتيت مواد البناء، وجعلها حطام صغير.

الصورة (٥) توضح تفتت الكتل الطينية بفعل تجوية الامطار ثم الصقيع(تل أبو غريب)



المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٢/٣

الصورة (٦) توضح تفكك الكتل الصخرية بفعل الإجهاد الناتج عن التجمد والذوبان (تل النعمان)

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/٣٠

تتعرض المباني القديمة والتلال الأثرية لهذا النوع من التجوية الذي يشبه فعل الأنجماد والذوبان، إذ يعد من الأنواع الشائعة في منطقة الدراسة، لكونها تتعرض لمدد من الجفاف، إذ يعمل تسرب مياه الأمطار الساقطة لمسامات صخور المباني القديمة أو لتربة التلال الأثرية عن طريق الشقوق الموجودة، مما يؤدي إلى تفاعل الماء مع الأملاح الموجودة ولاسيما الكبريتية، فعندما تصعد المياه الجوفية إلى الأعلى بفعل الخاصية الشعرية، وتعرضها لعمليات التبخر الناتجة بفعل الهواء الحار والجاف، مما يسبب ذلك بقاء الأملاح مترسبة في داخل شقوق الصخور وأعلى تربة التلال الأثرية، ويزداد حجم الذرات الملحية مما تولد ضغطاً شديداً على المواد اللاحمة بين ذرات التربة والصخور، إذ تضائل حجمها ومن ثم يضعف تماسكها، مما يؤدي إلى تكسير الصخور وتفتيتها[٩]. كما يتضح في الصورة (٧، ٨)

الصورة (٧) توضح الاملاح المتبلورة على صخور المواقع الاثرية (تل سابس)

الصورة (٨) توضح أثر النمو البلوري على صخور المواقع الاثرية (تل أبو غريب)

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٢/٣

د_ التجوية بفعل التجفيف والترطيب (Wetting and Drying)

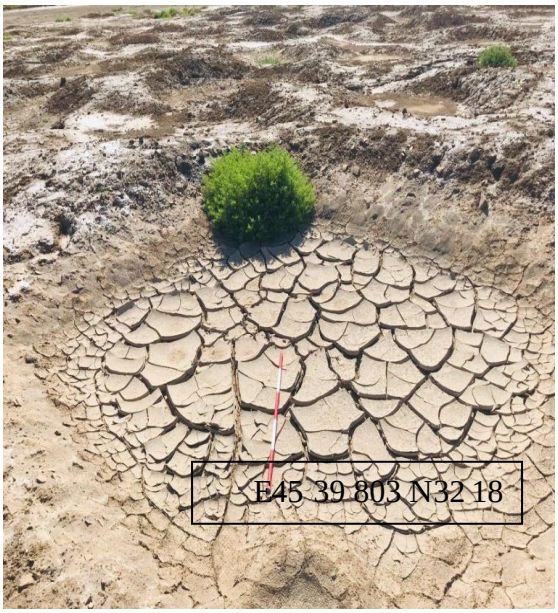
تتعرض المواقع الأثرية في منطقة الدراسة خلال فصل الشتاء أثناء سقوط الأمطار، لتغلغل الماء بين شقوق الصخور وفواصلها، مما ينعكس ذلك على أتساع هذه الشقوق والفواصل، وأثناء فصل الصيف وتحت تأثير الأشعة الشمسية وزيادة قيم التبخر مما يؤدي حصول عملية تقلص وانكماش في تربة وصخور المواقع الأثرية، وتبرز هذه الظاهرة في الترب الطينية، وذلك لقدرتها العالية على امتصاص الماء، ولاحتواء الترب الطينية على معدن المونتورلونايت (montmorillonite) القابل للتقلص عند الجفاف، ويتبعها الانتفاخ عند الإشباع بالماء (shrinkage and swelling)، أما عندما تزيد كمية المطر عن الحد الذي يمكن أن يجري على سطح التلال الأثرية أو جدران المباني القديمة، فإنه يقوم بنقل المفتتات الصخرية، و يتحول تأثير الماء من عمل تجوية إلى نحت أيضاً، وبتعاقب عمليتي الترطيب والتجفيف تبرز ظاهرة التشققات الطينية (Mud crack).

الصورة (٩، ١٠)

الصورة (٩) توضح التشققات الطينية في تل الولاية

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/٢٨

الصورة (١٠) توضح التشققات الطينية في تل البقرات



المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/٢٧

٢_ التجوية الكيميائية (Chemical Weathering)

وهي أحد أنواع التجوية التي تحدث في المواقع الأثرية، وتشير دلائل المواقع الأثرية إلى أن التجوية الكيميائية كانت فعالة خلال عصر البلايستوسين. إذ تعني العلاقة الكيميائية فيما بين الغلاف الجوي والمائي والتكوين الصخري لأسطح المناطق المختلفة من المواقع الأثرية، أذ يحتوي الغلاف الجوي على الأوكسجين(O_2) وبخار الماء(H_2O) وثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) والنتروجين (N_2)، أن عدداً من هذه المكونات ذات نشاط كيميائي قوي على صخور المواقع الأثرية ، فيحتوي الغلاف المائي على العديد من

الأحماض والأملاح التي ينشط من خلالها التفاعل مع الصخور وتعمل على تحليلها[١٠]. إذ تزداد سرعة التفاعلات الكيميائية من خلال ارتفاع درجات الحرارة، وأيضاً يعد بخار الماء من أهم العناصر التي تمارس تأثيراً مباشراً في عمليتي التميؤ والتحلل المائي، وتسهم بتأثير غير مباشر في قيام العمليات الكيميائية، ولاسيما التكربن والأكسدة في المواقع الأثرية[١١].

ومن خلال المعطيات المناخية يستدل على أن هذا النوع من التجوية قليل الحدوث في المواقع الأثرية لمنطقة الدراسة، نتيجة قلة التساقط المطري وتذبذب كمياته. الإ أنها تتم هذه العملية بفعل الانخفاض في درجات الحرارة ليلاً، مما يجعل الهواء الملامس لسطح الأرض بارداً، فيتكاثف بخار الماء الموجود في الجو، وبعدها يتحول إلى قطرات من الندى، إذ تتغلغل هذه القطرات داخل مسامات وشقوق صخور المباني الأثرية(١٢). مما يؤدي إلى أضعاف الصخور من خلال تحطيم الأواصر الرابطة فيما بين ذرات الحبيبات المعدنية.

إذ تعد بعض أنواع التجوية الكيميائية غير فعالة في أجزاء كبيرة من منطقة الدراسة، وذلك لكون منطقة الدراسة تقع ضمن نطاق التجوية الضعيفة بسبب سعة المدى الحراري والتذبذب في تساقط الأمطار، وأن التضاريس الأرضية الناتجة بفعل عملياتها، ما هي الإ بقايا قديمة تكونت منذ الزمن الرباعي(١٣). وتحصل عملية التجوية الكيميائية من خلال العمليات الآتية :

أ_ الأكسدة (Oxidation)

وهي إحدى عمليات التجوية الكيميائية، وتحدث بتفاعل الأوكسجين الموجود في الجو مع المعادن والعناصر الموجودة في صخور المباني الأثرية ومواد بنائها، وتحتل هذه العملية أهمية كبيرة في تجوية الصخور التي تحتوي على الحديد في تركيبها، الذي يتفاعل مع الأوكسجين مكوناً أوكسيد الحديد (ذو اللون البني المحمر)، والذي يسمى هيماتيت (Fe_2O_3) ، كما في المعادلة الآتية :

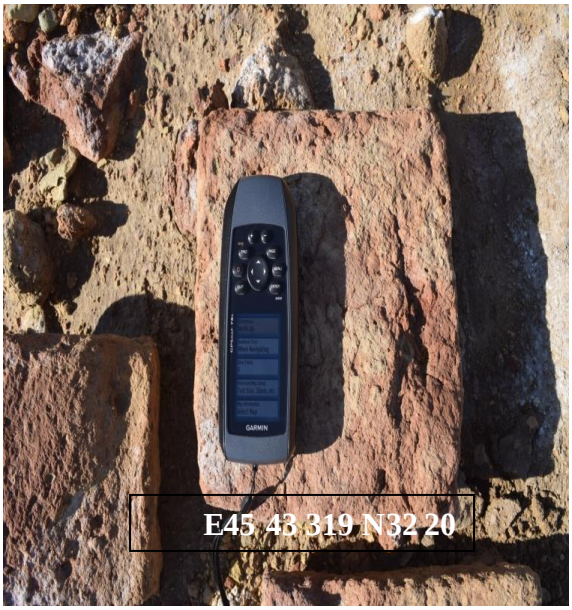
$$Fe2 + O2 \longrightarrow Fe2O3$$

وتحدث هذه العملية بشكل سريع في البيئات الرطبة، ولكنها تحدث في البيئات الجافة، الأ أن بخار الماء وقطرات الندى أثناء الليل تساعد على تجوية الصخور في المواقع الأثرية، وذلك من خلال ما تؤديه في تقليل مقاومة صخور المباني الأثرية لعمليات الذوبان، ولاسيما ذلك الماء الذي يحتوي على حوامض(١٤).الصورة (١١، ١٢).

الصورة (١١) توضح تعرض ممر من الفرشي للتأكسد (تلال البقرات)

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/٢٧

الصورة (١٢) تبين احمرار الفرشي بفعل التأكسد (تل الأحيمر)



المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٣/٤

ب_ الإذابة (Solution)

تعد عملية الإذابة أحدى أهم عمليات التجوية الكيميائية في صخور المواقع الأثرية، إذ توجد بشكل خاص في المواقع التي تكثر فيها المستنقعات والمنخفضات، عندما يقوم الماء بالأحاطه للصخور بشكل رقيق، وهي قدرة الماء على آذابة العناصر والمكونات المعدنية في مواد وصخور المباني الأثرية، إذ تعتمد هذه العملية على كمية المياه، وكذلك على قابلية الذرات الصخرية لذوبان، فإذا اختلطت المياه بالأحماض العضوية ينتج عنها حامض أقوى تركيزاً، مما يؤدي إلى زيادة قوى الإذابة للمعادن الموجودة في صخور المباني الأثرية ومواد بنائها ومنها أكاسيد الحديد والألمنيوم التي تعد أكثر ذوبان في المياه التي تختلط بالأحماض، وتؤدي هذه العملية الى زيادة واتساع الفراغات البينية التي توجد فيما بين جزيئات الصخور للمباني القديمة، وبعدها تتحول الأحجار إلى أحجار هشة تتكون من حبيبات رملية غير متماسكة، ومن أبرز الأشكال الناتجة عنها هي حفر الإذابة، كما في الصورة (١٣، ١٤)

ج _ الكربنة (Carbonation)

وهي أحد صور التجوية الكيميائية في المواقع الأثرية، أذ يعد غاز ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) مصدراً مهماً في تكوين حامض الكاربونيك (H_2CO_3)، ويوجد هذا الغاز في الغلاف الجوي وفي التربة، أذ يتكون حامض الكاربونيك عند ذوبان غاز ثاني أوكسيد الكاربون في الماء، ويكون هذا الحامض ذو قدرة كبيرة على مهاجمة صخور المباني الأثرية ومواد بنائها والعمل على تفكيكها وتغيير في خواصها، ولاسيما تلك الصخور التي تحتوي في تركيبها على معدن الكالسيوم والمنغنيسيوم والبوتاسيوم، وعند ذوبان هذه العناصر بحامض الكاربونيك، تتحول إلى كربونات، ذو قابلية كبيرة على الذوبان، أما عندما يهاجم

الماء الذي يحتوي على حامض الكاربونيك الأحجار الجيرية، فإنه يتحول بذلك إلى بيكاربونات (HCO_3)، وذات قابلية أكبر بعدة مرات من قابلية الإذابة للحجر الجيري[١٥]. من خلال المعادلة الآتية:

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow + HCO3^-$$

وبعد ذلك تنتقل البيكاربونات الذائبة في الماء، وتترك المواد والمعادن الأخرى لتتعرض للعمليات التعروية المختلفة[١٦].

الصورة (١٣) جانب من عمليات الإذابة في تلال البقرات

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/٢٨

الصورة (١٤) توضح عملية الإذابة (ظاهرة بيوت النحل) في (تل العكر)

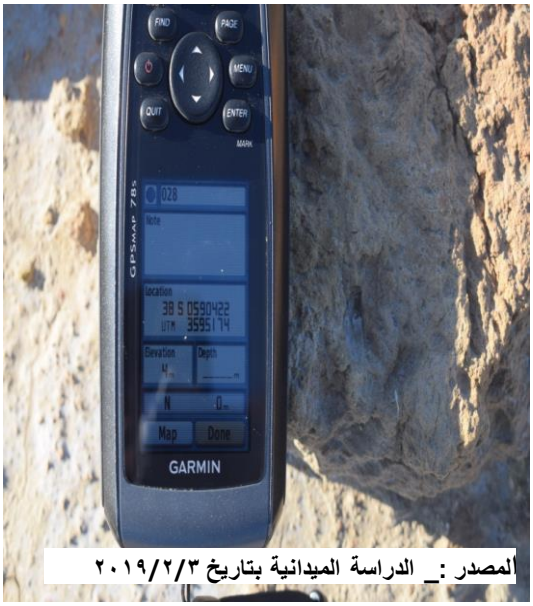
المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/١٤

ومعادن الصخور، أذ يحدث هذا النوع من التفاعل عندما يوجد اتصال فيما بين المعادن الصخرية والماء الذي قد يكون ماءاً نقياً، وهي من أهم عمليات التجوية الكيميائية بفعل تأثيرها في معادن الفلدسبار وسليكا، الذي يعد المكون الأساسي لمعظم المعادن الصخرية، أذ تسهم عمليات التحلل المائي (Hydrolysis) بأحلال الشحنات الموجبة مثل(الكالسيوم Ca، المنغيسيوم Mg، صوديوم Na، بوتاسيوم K) بأيونات الهيدروجين الذي يؤخذ من خلال حركة الماء بين شقوق صخور المباني الأثرية مضافاً لهذا التفاعل عمل ماء الأمطار ذات الحموضة القليلة، وتسهم عملية التحلل المائي بتحطيم البناء المعدني للصخور بالاعتماد على أيونات الهيدروجين التي تتوفر في الماء، وهذا يعتمد على حامضية الماء الذي يمر عبر صخور المباني الأثرية[١٧]. ويبرز تأثير التميؤ، كما في الصورة (١٥,١٦).

الصورة (١٥) عملية التميؤ التي تحدث على صخور المدن الاثرية(تل العكر)

المصدر : الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/١٤

الصورة (١٦) توضح جانب من عملية التحلل المائي للصخور(تل أبو غريب)



المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٢/٣

٣_التجوية البايولوجية الحياتية (Biological Weathering)

تمارس الكثير من الكائنات الحية التجوية بفعل نشاطاتها المتنوعة في المواقع الأثرية، فمن هذه الأنشطة ماهو متعمد مثل القيام بالحفر غير المنظم في المواقع الأثرية، ومنها غير متعمد مثل عدم الاهتمام في نمو الحشائش وأجراء عملية القطع الدورية لها، ووجود الكائنات الحية مثل القوارض التي تمارس الحفر في المواقع الأثرية أيضاً[١٨]. وتشمل التجوية الحياتية النوعين السابقين من التجوية ولاسيما الفيزيائية والكيميائية، وتتم التجوية الحياتية (البايولوجية)، بفعل كل مما يأتي:

أ_ التجوية بفعل الأنسان: إذ يقوم الإنسان بعمليات الحفر العشوائية وذلك تبعاً لرغباته المتعددة، فمنهم من يحاول التنقيب لكنه بشكل غير علمي ومنظم، ومنهم من يحاول سرقة ما في بطون التلال الأثرية مخلفاً وراءه العديد من الحفر العشوائية ويكشف مكوناتها ويجعلها مفتته بدون أي تغيير في تركيبها المعدني، وبهذا يجعل التربة مهيأة لعمليات التعرية الريحية والمائية، وهذا يندرج ضمن مفهوم التجوية بفعل الإنسان ذات البعد الميكانيكي، وقيام الإنسان بهذا الأثر التخريبي إنما يعود إلى جهله بهذه الثروة، ومن أبرز المواقع الأثرية التي تعرضت لتجوية بفعل الأنسان هي تل الولاية في ناحيةالأحرار، ينظر الصورة(١٧ ،١٨) .

الصورة (١٧) تبين تجوية الموقع الأثري بواسطة الأنسان (تل الولاية)

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/٢٨

الصورة (١٨) دور العامل البشري في تجوية المباني الاثرية (منارة واسط)

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٢/٤

ب_ التجوية بفعل الحيوانات

أما دور الحيوانات في تنشيط عملية التجوية فيكون ميكانيكياً، كالنمل إذ يعد من الحشرات التي تدمر المواقع الأثرية، وتقوم بحفر أنفاق لها تحت أساسات البناء، مما يؤدي ذلك إلى خلخلة في التربة، وبالتالي يؤدي إلى اختلال المبنى بأكمله، أما في حالة المباني الطينية فنجد أن النمل يقوم باختلال الطين ويعمل على تفتيته، ليتغذى على قشور القمح المهروس مع الطين، كما أن للطيور والحيوانات البرية والقوارض دوراً في القيام بتجوية المواقع الأثرية، وأيضاً للثعالب والأرانب والذئاب فإنها تقوم من خلال مّد جحورها لمسافات في الجدران، الأمر الذي ينتهي بانهيار الجدران[١٩]. ينظر الصورة (١٩ ،٢٠)، ولا يمكن إغفال الدور الذي تقوم به حيوانات الرعي ولاسيما الأغنام والماعز، أذ تقوم من خلال رعيها الجائر بتفتيت وتقليب التربة، وتهيئتها للعمليات المورفومناخية، كما هو يتضح في تلال البقرات والعقر أيضاً. كما أن تواجد الحيوانات في المواقع الأثرية يمكن أن تساهم في التجوية كيميائياً، وذلك من خلال موت الحيوانات في داخل المواقع الأثرية، مما يؤدي إلى تحللها، وبالتالي تتحول إلى مواد كيميائية.

ج _ التجوية بفعل النباتات

تعمل النباتات على حماية التربة من التعرية من خلال تماسكها، ولكنها في الوقت ذاته تقوم بعملاً تدميراً للتربة، وذلك من خلال توغل جذورها ومن ثم مّدها في باطن الأرض من خلال فتحات الشقوق والتصدعات من شأنها أن تؤدي إلى أتساع هذه الشقوق وتفكيك الصخور، ينظر الشكل (٣)، والجدير بالذكر فإن للنباتات دوراً مهماً في تجوية المواقع الأثرية بنوعيها المباني القديمة أو التلال الأثرية، إذ تشكل النباتات التي تنمو بجوار أساسات المباني خطراً من خلال امتداد جذورها، مما يسبب ذلك شروخاً جديدة وتصدعات فيه، ينظر الصورة (٢١)، وتفتيت مواد البناء أيضاً، فضلاً عن العمل الميكانيكي للنباتات، فهناك تجوية كيميائية تقوم بها من خلال استمرار تغلغل جذور النباتات في الشقوق الصخرية أو في التربة، فتزداد نسبة (CO_2) داخل مسامات الصخور، وبهذا يساعد على تنشيط التجوية الكيمائية في تربة المواقع الأثرية في منطقة الدراسة.

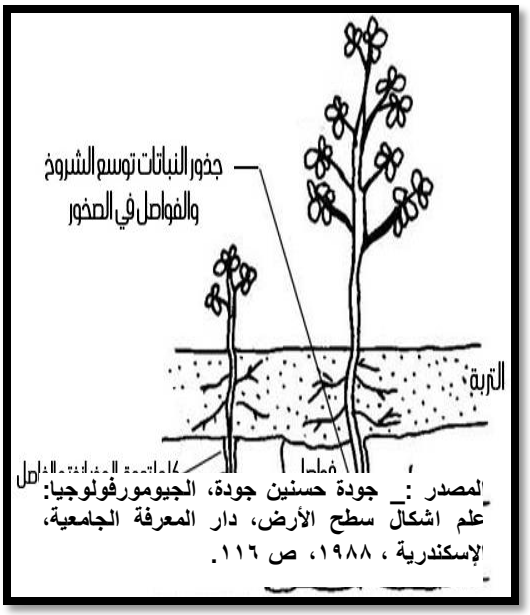
الصورة (١٩) تبين تجوية الحيوانات من خلال حفر جحورها (تلال البقرات)

المصدر :_ الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/٢٧

الصورة (٢٠) تبين الحفر الذي تقوم به القوارض(تل الولاية)

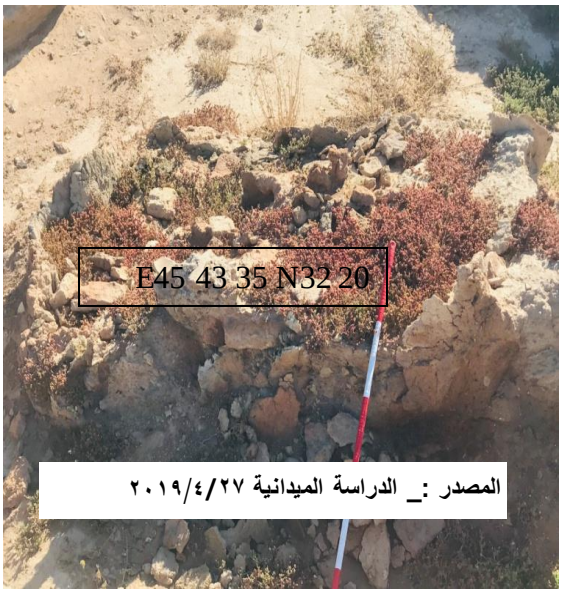
المصدر : الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠١٩/٤/٢٨

الشكل (٣) يوضح عمل جذور النباتات في توسيع الشقوق و الفواصل



المصدر :_ جودة حسنين جودة، الجيومورفولوجيا: علم اشكال سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية ، ١٩٨٨، ص ١١٦.

الصورة (٢١) تبين دور النبات في تجوية المواقع الاثرية (تلال البقرات)



المصدر :_ الدراسة الميدانية ٢٠١٩/٤/٢٧

يختلف تواجد أنواع عمليات التجوية في المواقع الأثرية من منطقة للأخرى في منطقة الدراسة، وذلك تبعاً لمجموعة العوامل المؤثرة ولاسيما الطبيعية منها والبشرية، إذ يتضح هذا التأثير على اللقى الأثرية السطحية المتواجدة فوق سطح التلال الأثرية أو على جدران المبنى المباني القديمة، فيبرز تواجد التجوية الفيزيائية في بعض المواقع الأثرية، ويتضح ذلك من خلال تهشم وتقشر جدران المباني وتربة التلال بفعل التباين الحراري أو التجمد والذوبان، كما في (منارة واسط، وبناية النجمي)، ويتضح تأثير التجوية الكيميائية من خلال تغير خصائص الملتقطات السطحية المتواجدة في الموقع الأثري ولاسيما لونها وطبيعتها، وعمل التجوية الكيميائية يعتمد على الظروف الجوية المساعدة، كما في الكسر الفخارية المنتشرة فوق كل من (تل سابس، تل أبو غريب)، وأخيراً يبرز تواجد أهم أنواع عملية التجوية، وهي التجوية الحياتية، إذ لا يكاد أن يخلو موقع أثري من تواجد نوع من الكائنات الحية سواء كانت إنساناً أو نباتاً أو حيواناً، وبهذا فتقوم الكائنات الحية بترك أثرها على الموقع الأثري ولاسيما من خلال الحفر العشوائي لليد البشرية كما في (تل الولاية)، أو حفر الإنفاق بواسطة الحيوانات كما في تل (العكر).

الجدول (٢)عمليات التجوية الأكثر بروزاً على المواقع الأثرية في منطقة الدراسة

ت	اسم الموقع	موقعه الجغرافي		أرتفاعة	مساحته		نوع التجوية		
		القضاء	الناحية		الطول	العرض	الفيزيائية	الكيميائية	حياتية
١	منارة واسط	الكوت	واسط	١٥	٢٠٠	١٥٠	الحرارية	الإذابة	الإنسان
٢	سابس	الكوت	واسط	٧٩	٣٠٠	١٥٠	النمو البلوري	التأكسد	نباتات
٣	أبو غريب	الكوت	واسط	١٦	٢٥٠	١٢٠	الترطيب	التأكسد	الإنسان
٤	العكر	بدرة	مركز	٣٣	٤٢٠	٣٨٠	الترطيب	الإذابة	حيوانات
٥	برتالة	بدرة	جصان	١٢	٢٠٠	١٨٠	الحرارية	-	الإنسان
٦	جصان	بدرة	جصان	٥٢	٤٥٠	٣٣٠	الترطيب	التأكسد	الإنسان
٧	البقرات	النعمانية	الأحرار	٢٣	٤٠٠	٣٠٠	الحرارية	التحلل المائي	حيوانات
٨	الولاية	النعمانية	الأحرار	٦	٢٨٠	٣٠٠	الحرارية	-	الإنسان
٩	النعمان	النعمانية	المركز	٢١	٢٠٠	٢٠٠	الترطيب	التأكسد	الإنسان
١٠	الأحيمر	الصويرة	الشحيمية	٤١	٢٠٠	٢١٥	الحرارية	-	النباتات
١١	خيط الفاج	الصويرة	الشحيمية	٢٥	٤٠٠	٢٠٠	الترطيب	التميؤ	الحيوانات
١٢	بناية النجمي	الصويرة	الزبيدية	١٩	٢٠٠	٣٠٠	الحرارية	-	-

المصدر :_ الدراسة الميدانية التي قام بها الباحث للمواقع الأثرية في منطقة الدراسة.

_ الاستنتاجات

١ _ تعد التجوية وأحده من العمليات التي تجري على الصخور فتعمل على تهشيمها بعدة طرق (كالتفتت والتفلق والتميؤ والتحلل والأكسدة والتبلور والذوبان والتقشر)

٢ _ أن جميع أنواع الصخور الظاهرة على سطح الأرض تتعرض لفعل التجوية التي ينجم من خلال أشكال أرضية مختلفة أو تعديل للأشكال الأرضية القديمة.

٣ _ تختلف أشكال التجوية وصورها في المواقع الأثرية لمنطقة الدراسة، تبعاً للاختلافات في العوامل التي تساعد على نشاطها ومنها المناخية و التركيب المعدني لصخور المباني.

٤ _ يمكن أن ينحصر تأثير التجوية الكيميائية على المباني القديمة التاريخية ، أما التجوية الميكانيكية فتظهر بشكل كبير على التلال الأثرية او الأيشانات القديمة.

٥ _ تختلف الأضرار التي تسببها التجوية الحرارية في المباني الأثرية تبعاً لأختلاف مجموعة من العوامل منها تركيب مواد الحجارة للمباني الأثرية، وخاصية نقلها للحرارة، وقابليتها للانكماش والتمدد.

٦ _ تعد عملية الإذابة أحدى أهم عمليات التجوية الكيميائية في صخور المواقع الأثرية، إذ توجد بشكل خاص في المواقع التي تكثر فيها المستنقعات والمنخفضات، عندما يقوم الماء بالإحاطة للصخور بشكل رقيق.

_ التوصيات

١ _ ينبغي الحفاظ على المواقع الأثرية من تأثيرات التجوية وما تمارسه من عمليات تهشيم وتأكل للبقايا الأثرية في منطقة الدراسة .

٢ _ أتباع أفضل أساليب الصيانة للمواقع الأثرية وبشكل دوري، ولاسيما المباني القديمة وذلك لتقليل من الأثر الذي يترك من قبل عمليات التجوية.

٣ _ الحد من مسببات التجوية الحياتية التي يكون الإنسان ذا دور مهم فيها، وذلك لكونها من ابرز ما يؤثر على المواقع الأثرية ولاسيما المباني القديمة والتلال الأثرية.

_ المصادر

1_ Richard John tlogett , fundaments of geomorphology , Second edition , Routed Tay lor and Francis group , London and New York ,2007, P.154.

٢_ عبدالله صبار عبود العجيلي ، وديان غرب بحيرة الرزازه الثانوية والأشكال الأرضية المتعلقة بها ، أطروحة دكتوراه، كلية الأداب، جامعة بغداد ، ٢٠٠٥، ص٨٦_٨٧.

٣_ رحيم حميد عبد ثامر العبدان، الاشكال الأرضية في حوض وادي عامج ،أطروحة دكتوراه ، كلية الأداب ، جامعة بغداد ، ٢٠٠٤، ص٦١_٦٢.

٤_ ميشيل كامل عطا الله ، أساسيات الجيولوجية، دار المسيرة للنشر والتوزيع ،الأردن، عمان، ٢٠٠٠، ص١٤٧.

٥_ وفيق الخشاب وآخرون، علم الجيومورفولوجية_ تعريفه_ تطوره_مجالاته وتطبيقاته، مطبعة جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٧، ص١٢.

6_John Bridge and Robert Demicco , Earth Surface Processes Land Forms and Sediment Deposits , Cambridge University , New York , 2008 , p.45.

٧_ عادل كمال جميل وآخرون ، علم الصخور ، مطابع وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، بغداد ، ١٩٨١، ص ١٤٦.

٨_ ياسر محمد عبد التميمي ، آثر عمليات التعرية التجوية في تكوين أشكال سطح الأرض في طية حمرين الجنوبي شمالي المنصورية_ العراق ، رسالة ماجستير(غ.م)، كلية التربية، جامعة ديالى ،٢٠١٢ ،ص٦١.

٩_ آرثر ستريلر ، علم أشكال سطح الأرض ، تعريب : وفيق الخشاب و عبد الوهاب الدباغ ، مطبعة دار الزمان ، بغداد ، ١٩٦٤، ص٤٧.

10_ Linda D.Williams , Earth Science , Mc Graw _ hill Education , 2004 , P.330.

١١_ محمد يوسف حسن وآخرون، أساسيات علم الجيولوجيا ، مركز الكتب الأردني ، ط٢، ١٩٩٠، ص٢١١.

١٢_عبد الله صبار عبود العجيلي ، مصدر سابق ، ص١٠٠.

١٣_علي حمزة عبد الحسين الجوذري ، أثر العمليات الجيومورفية في تشكيل المظهر الأرضي لناحية الشنافية ، رسالة ماجستير(غ.م) ، كلية التربية للعلوم الأنسانية ، جامعة بابل ، ٢٠١٤، ص٨٦.

١٤_ ولاء كامل صبري ، عبد الله صبار عبود ، التجوية الكيميائية والأشكال الأرضية الناتجة عنها في بادية المثنى ، مجلة آوروك ، العدد٣ ، المجلد ٩ ، ٢٠١٧ ، ص٢٣٤.

١٥_ عبد الإله رزوقي كربل، علم الأشكال الأرضية، جامعة البصرة، ١٩٨٦ ، ص٩٤.

16_Torraca Giorgio , Porous Building Material , Science for Architectural Conservation Iccrom , Roma , 1982 , P.138_139.

١٧_ هاله محمد سعيد مجيد ،آثر العمليات الجيومورفولوجية في استعمالات الأرض في قضاء كويسنجق ، أطروحة دكتوراه(غ.م) ، كلية التربية للبنات ،بغداد ، ٢٠٠٨، ص١٢٢.

١٨_ محمد عبد المعتمد عبد الرسول، التجوية وأثرها على المناطق الأثرية بمنطقة سرت (دراسة جيومورفولوجية) ، الملتقى الجغرافي الرابع عشر، جامعة سرت، ليبيا ، ٢٠١٣، ص٢٧٨.

١٩_ أمل علي حسين الموسوي، مظاهر تصحر المواقع الأثرية في محافظة ذي قار وأثاره البيئية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير(غ.م)، كلية الآداب، جامعة ذي قار،٢٠١٦ ، ص١٣٠.