مورفولوجية المدرجات البحيرية
بمنخفض البحرين الغربي – هضبة مصر الغربية

د. ماجد محمد محمد شعلة*

مقدمه:

يقع منخفض البحرين الغربي على بعد حوالي عشرين كيلو متراً في أقصى الطرف الجنوبي الغربي من منخفض القطارة، وهو أحد أربعة منخفضات تقع على الجانب الأيمن للطريق غير المعبد بين سيوة والبحرية، وتضم من الغرب إلى الشرق منخفضات البحرين الغربي، والبحرين الشرقي، ونويميسة، وسترة.

ويربط المنخفض ببلدة سيوة – الواقعة جهة الشمال الغربي منه – طريق غير معبد يبلغ طوله حوالي 120 كيلو متراً.

ويمتد المنخفض بين دائرتي عرض ″11 ′38 °28 ، ′45 °28 شمالاً ، أي ما يقابل مسافة قدرها حوالي 12.5 كيلو متر، وبين خطي طول ″52 ′18 °26 ، ′56 ′30 °26 شرقاً ، بمسافة تقدر بحوالي 20 كيلو متراً.

والمنخفض مثلث الشكل، قاعدته في الجنوب ورأسه في الشمال، وتبلغ مساحته داخل حدود الحافات الظاهرة المحيطة به قرابة 125 كيلو متراً مربعاً (شكل 1أ، ب).

وتعد صخور عصر الإيوسين الأوسط أقدم التكوينات الصخرية التي تظهر على سطح أرض المنخفض، وقد تأثر إقليم المنخفض بالحركات الأرضية التي أصابت الأجزاء الشمالية من مصر فيما بعد عصر الميوسين، ونجم عنها تشكيل عدد من التراكيب الثانوية، حيث يشير نمط خطوط الكنتور التركيبية (شكل 2ج) وتشغل بحيرة البحرين الغربية الحالية قاع منخفض تركيبى شبه بيضاوي، تأثر جانبه الجنوبي بصدع رئيسي محوره الطولي شرق/غرب لمسافة حوالي 20 كيلو متراً.

---

* مدرس الجغرافيا بكلية الآداب بدمنهور – جامعة الإسكندرية.

ويقع المنخفض ضمن إقليم المناخ الجاف؛ إذ تتراوح قيمة معامل قاريته – تبعاً لتصنيف Gorczynski[1] بين 51.9 ، 52.3 لمحطتي أرصاد سيوة والبحرية باعتبارهما أقرب محطات الرصد للمنخفض.

وفي ظل الجفاف الحالي ، يتوزع النبات الطبيعي في شكل بقع متناثرة تزداد كثافتها عند الطرفين الشرقي والغربي للبحيرة ، وتختفي بصورة شبه تامة في باقي أجزاء قاع المنخفض ، وتعد شجيرات الغردق Nitraria Retusa وحشائش السومارمار Juncus Actus والرطريط Arthrocnemum glaucum من أهم الأشكال النباتية بقاع المنخفض ، وجميعها نباتات محبة للجفاف و الملوحة المرتفعة .

الدراسات السابقة :

لم يحظ منخفض البحرين الغربي باهتمام الباحثين الجغرافيين بعامة والجيومورفولوجيين بخاصة، حيث اقتصر ذكر منخفض البحرين كوحدة أرضية واحدة (دون الفصل بين شقيه الغربي والشرقي) بشكل عابر ضمن بعض الدراسات، ومنها دراسة Fakhry , A. ; 1939 التى تناول فيها المقابر الصخرية بواحة العرج شمالي منخفض البحرين، ودراسة El Ramly , I. ; 1966 عن أصل مياه البحيرات الواقعة جنوبي منخفض القطارة، ومنها بحيرة البحرين الغربية ، ودراسة Embabi , N. 1999 , عن بلايا الصحراء الغربية بمصر ، والتي صنفت بلايا منخفض البحرين ضمن نمط البلايا الحديثة ، ودراسة ماجد شعلة ، 2003 ، التى تناول فيها جيومورفولوجية منخفض واحة العرج جنوب غربي منخفض القطارة ، والواقع إلى شمال المنخفض قيد الدراسة.

أهداف البحث :

يرمى البحث إلى محاولة تحقيق الأهداف التالية :

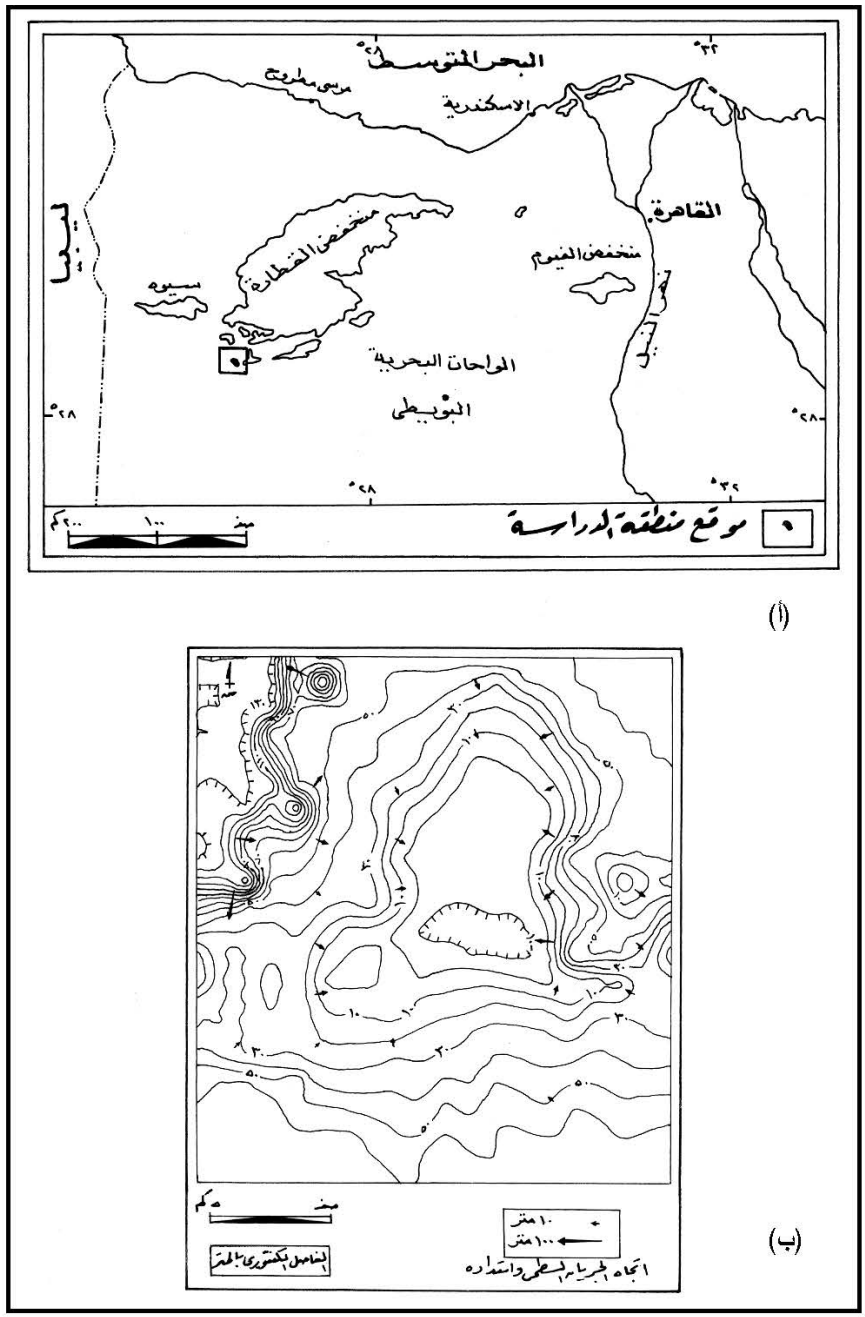
- تحليل الخريطة الجيومورفولوجية للمنخفض.

---

(1) درجة القارية تبعاً لتصنيف Gorczynski, 1920 =

$$\frac{\text{المدى السنوي لدرجة الحرارة} \times 1.3}{\text{جا درجة العرض}} - 36.3 \quad .$$ (علي موسى ، 1989 ، 26 : 31)

حيث درجة عرض سيوة 29° 12´ ش والمدى الحرارى السنوى هو 33.1 درجة مئوية ، والبحرية 30° 28´ ش والمدى الحرارى السنوى هو درجة مئوية .



شكل (1) : موقع منخفض البحرين الغربى.

- دراسة الخصائص المورفولوجية للمدرجات البحيرية، مع محاولة تأريخها نسبياً من خلال دراسة تتابعاتها، وخصائص رواسبها، وعوامل وعمليات تشكيلها، والظاهرات الدقيقة المرتبطة بها.
- علاقة المدرجات البحيرية بنشأة وتطور المنخفض، ومدى توافق النتائج المستقاة مع منخفضات الجوار.

أساليب وأدوات البحث :

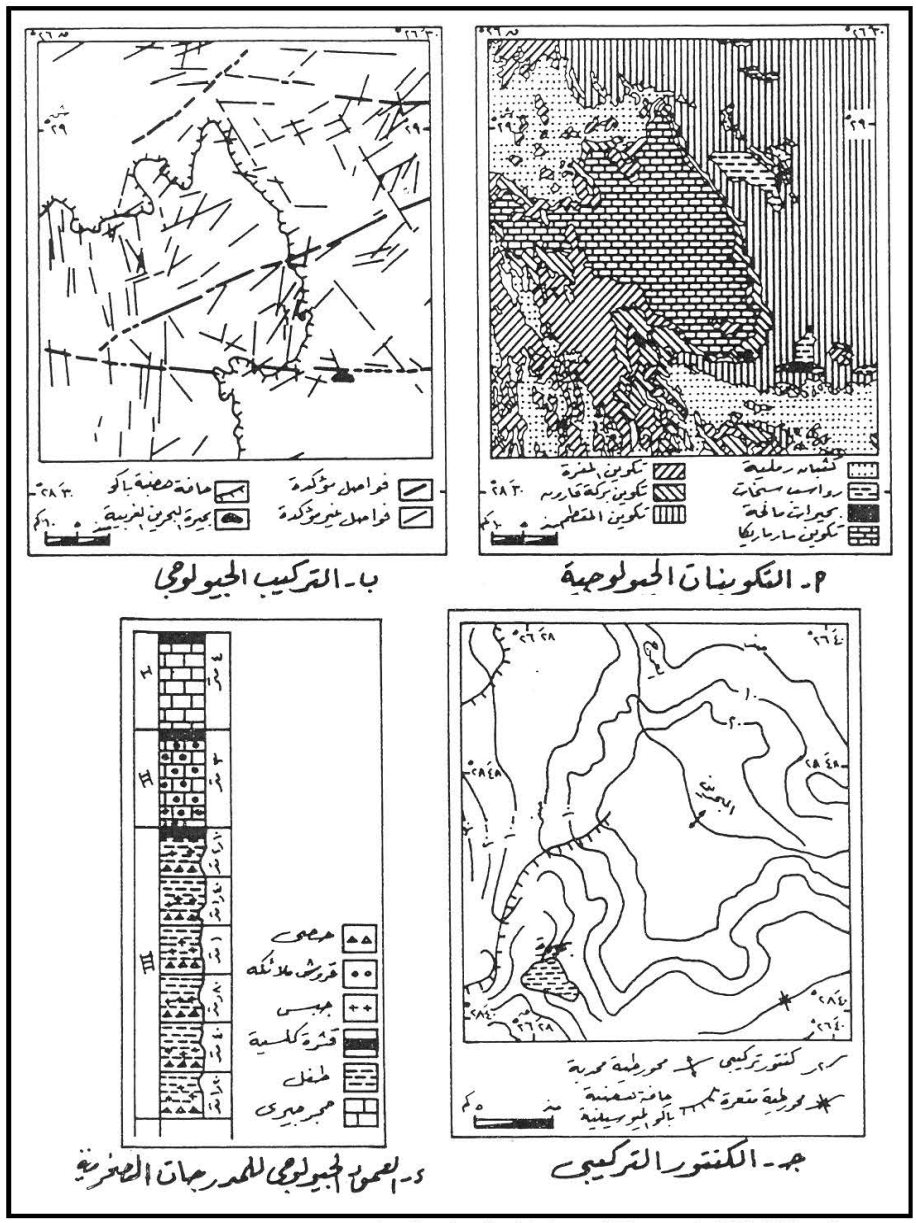
تعد الدراسة الميدانية[1] المصدر الرئيس لمعظم البيانات التي اعتمد عليها الباحث، فضلاً عن الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية، وقد تنوعت البيانات المستقاة من الدراسة الميدانية وأدواتها بتنوع الأشكال الأرضية المدروسة، والتي تتضمن الأساليب والأدوات التالية.

- توقيع خريطة جيومورفولوجية لإقليم المنخفض باستخدام الصور الجوية مقياس 1 : 60000 ، واستكمال تحشيتها بالمسح الميداني .
- إجراء رفع مساحي للجزء الجنوبي الشرقي للمنخفض نظراً لعدم توفر خرائط تفصيلية لإقليم المنخفض، والذي شمل المدرجات البحيرية ، وسطح السبخة الجافة والمسطح المائي للبحيرة الحالية، باستخدام جهاز المحطة المساحية المتكاملة Total Station, Topcon , GTS -712 ، لمساحة تقدر بحوالي 2كم2 وتحديد المواقع الأرضية G.P.S باستخدام جهاز Garmen 12 X L (بدقة + أو – 17 متراً) لإتمام عملية الرفع.
- قياس ثلاثة قطاعات ميدانياً تغطي نطاق المدرجات البحيرية، باستخدام جهاز الميزان اليدوي Abney level والبوصلة والشريط، بإتباع أسلوب نقاط التغير في الانحدار، وقد بلغت جملة أطوالها 170 متراً .
- التحليل الميكانيكي للرواسب السطحية لاثنتى عشرة عينة تمثل عناصر المدرجات البحيرية، كما أجري لها تحليل إحصائي بغرض محاولة تحديد أصل نشأتها وكذلك خصائص بيئة ترسيبها والعامل المرسب لها، باستخدام برنامج S.G[2] فى ضوء تصنيفات كل من Sahu, Folk & Ward, 1957; 1964 and Griffiths, 1967.

---

(1) استغرقت الدراسة الميدانية مدة ستة أيام موزعة بين زيارتين، الأولى: فى الفترة من 15 إلى 18 أبريل 2001، والثانية: يومى 1، 2 من شهر مارس 2002.

(2) استخدم الباحث برنامج S.G SAR الخاص بتحليل الخصائص الإحصائية وتحديد أصل النشأة والعامل والعملية للرواسب السطحية، فى ضوء تصنيفات كل من (Folk & Ward, 1957; Sahu, 1964 and Griffiths, 1967) والذي صممه الدكتور / أشرف محمد مصطفى الأستاذ المساعد بقسم علوم الأراضي والمياه بكلية الزراعة ، جامعة الإسكندرية (Moustafa, A., 1993, 60: 64).



A- Geological Map of Egypt, 1:500.000. **Source:**
B- Geological Map of Siwa, 1:250.000 and El-Ramly, I., 1966.
جـ- الدراسة الميدانية. C- El-Ramly, I., 1966.

شكل (2) : جيولوجية منخفض البحرين الغربى.

- الفحص الميكروسكوبى لعدد ست عينات تمثل الرواسب السطحية للمدرجات البحيرية، وذلك باستخدام الماسح الميكروسكوبى من طراز Jeol JSM5300.
- توقيع البيانات المساحية باستخدام برنامج Surfer, V.7 للحصول على نموذج عددي DEM لتضاريس المنخفض، والمدرجات البحيرية، إضافة إلى توقيع الخرائط الكنتورية الواردة بالبحث،

وخرائط اتجاهات الجريان السطحي Vector of Overland Flow Maps، ومعدلات الانحدار باستخدام أسلوب تظليل التضاريس Hill Shade، وحساب مساحات وأحجام البحيرات القديمة.

ولتحقيق أهداف البحث، سوف ترتكز الدراسة على المحاور التالية:

- الخريطة الجيومورفولوجية لإقليم المنخفض.
- مورفولوجية المدرجات البحيرية.
- نشأة وتشكيل المنخفض وعلاقته بتشكيل المدرجات البحيرية.

أولاً : الخريطة الجيومورفولوجية لإقليم المنخفض :

يصنف منخفض البحرين الغربي ضمن نمط الأحواض الصحراوية ذات الهيئة القمعية؛ إذ بلغت قيمة معامل الهيئة الداخلية للحوض[1] حوالي 0.05، ومن دراسة الشكلين رقمى (3، 4) يمكن تمييز أربع وحدات رئيسة، يمكن تناولها على النحو التالي:

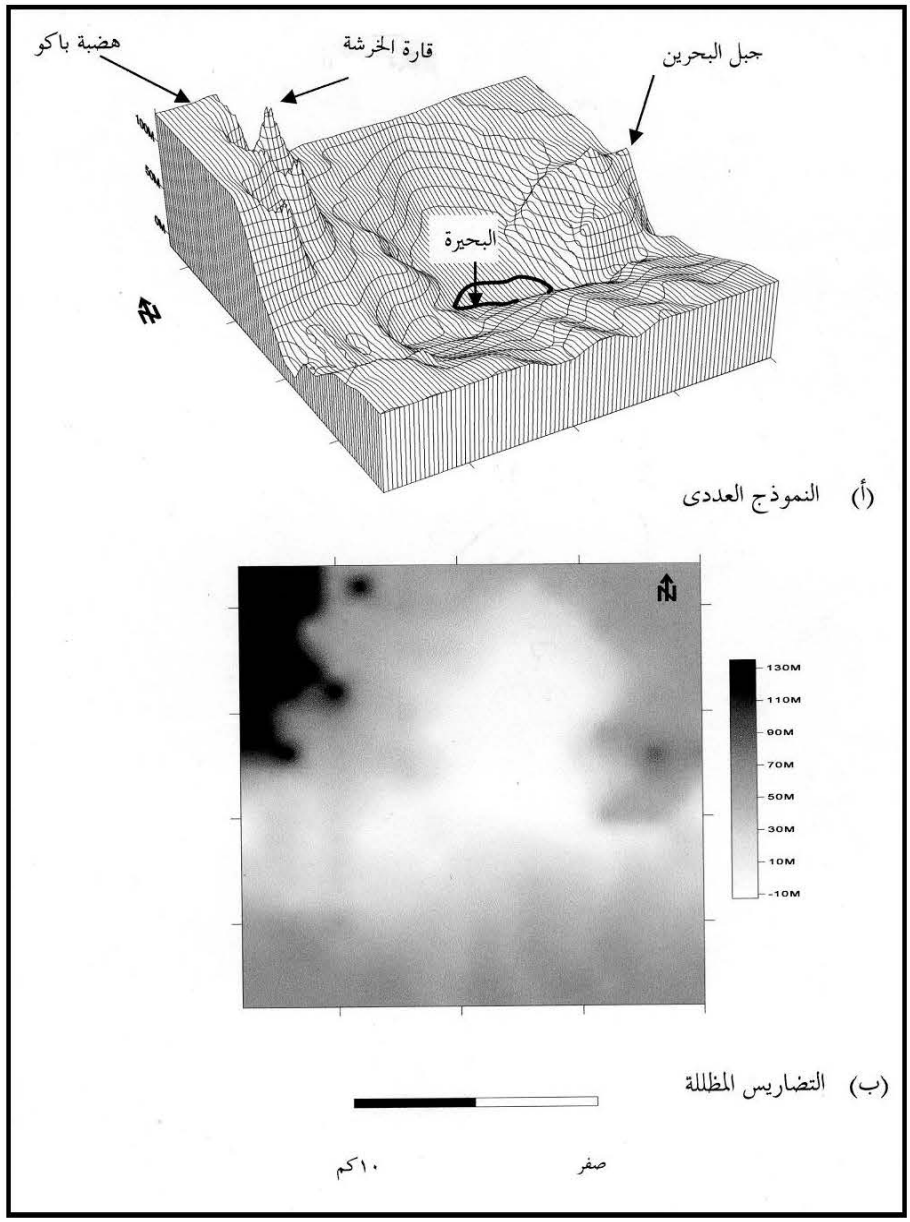
1- هضبة باكو :

تشرف هضبة باكو على منخفض البحرين الغربي من جهة الغرب من منسوب حوالي 132 متراً فوق سطح البحر، وبحافة سلمية الشكل، تتناوب على واجهتها المدرجات الصخرية تبعاً لتفاوت صلابة التكوينات الصخرية التي تنتمي لعصري الميوسين والإيوسين، وتزداد المدرجات وضوحاً بالاتجاه صوب قاع المنخفض؛ حيث ترتبط هنا بمكاشف صخور الإيوسين (الأوسط).

---

(1) معامل الهيئة الداخلية للحوض = المساحة البلانميترية لقاع المنخفض / المساحة البلانميترية الكلية للمنخفض (محمد محمود طه، 2000، 246:247).

وقد تم الحصول على المساحات البلانيمترية باستخدام برنامج Surfer, V. 7 .



شكل (3) : النموذج العددى لتضاريس منخفض البحرين الغربى.

وتدل التلال الجزيرية ذوات الأشكال المتعددة عند أسافل الحافة على عمليات التراجع الخلفي لها إبان مراحل تشكيل المنخفض، ويأتي تل الخرشة المزدوج القمة – الذى يتوافق فى تتابعه الطبقى مع الحافة الأم – أهمها جميعاً من حيث الامتداد والارتفاع؛ إذ يمتد بشكل طولي مسافة تقدر بحوالي 1500 متر، كما يوجد شبه توافق بين منسوب أعلى قمتيه (الجنوبية الغربية، حوالي + 136) ومنسوب سطح الهضبة.

وتصرف مياه نطاق حافة هضبة باكو من خلال عدد من المجارى المائية التي تنتهي إلى الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية فوق قاع المنخفض، وقد شغل أحد تلك المجاري موضع الصدع

الرئيسى الذي يمتد محوره الطولي في اتجاه شرقي/غربي، والذى تمكن من تشكيل منخفض طولي مسافته حوالي سبعة كيلو مترات، وبمتوسط اتساع يبلغ حوالي نصف كيلومتر، وقد كانت ترفده مجاري مائية شبه متعامدة – على المجرى الرئيسى – من جانبيه الشمالي والجنوبي، ويرتبط بهذا المجرى عدد من الجزر الصخرية المستطيلة التى تخلفت عن التعرية المائية إبّان الفترات الرطبة؛ حيث يُرى آثارها في شكل عناصر مقعرة على جوانب تلك التلال.

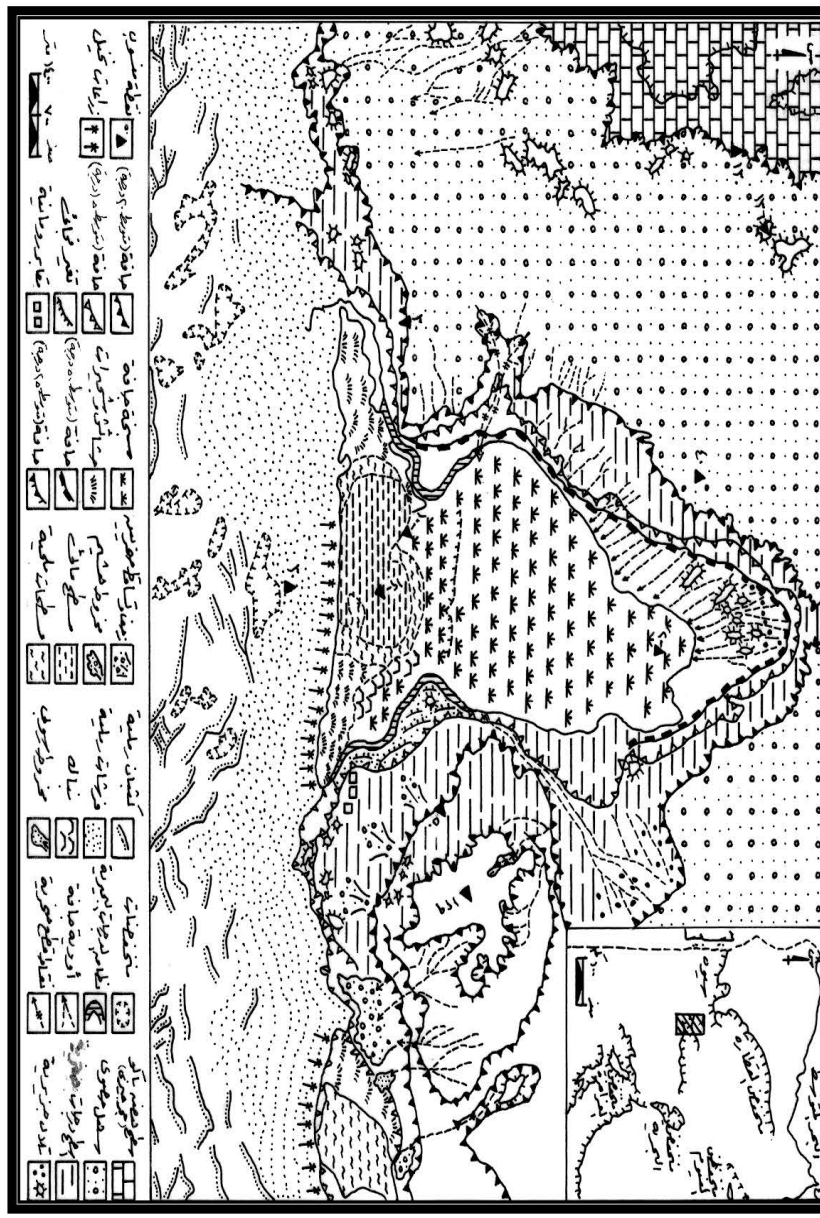
2- السهل الحصوي :

يقع شمالي المنخفض، وهو مستطيل الشكل؛ إذ يمتد من الغرب إلى الشرق مسافة 23 كم، ومن الشمال إلى الجنوب مسافة 9كم، ويمثل سطح السهل مستوى قاعدة محلى لنواتج عمليات حركة المواد وخطوط التصريف التي تنتهي فوق سطحه آتية من جبل البحرين (في الجنوب الشرقي والشرق) وهضبة باكو (في الغرب والشمال الغربي).

وقد أسهمت الرياح – كعامل انتقائي – في رفع كثافة المفتتات الصخرية الخشنة (حصى فما فوق) فوق سطح السهل بعدما تمكنت من تذرية الدقيق منها لتعيد ترسيبه في أشكال مختلفة في أقصى الجانب الشرقي للسهل.

وتغلف الأكاسيد ذات اللون البني الداكن – من نمط طلاء الصحراء – الأسطح الخارجية للمفتتات، مما يجعلها تعكس بجلاء درجة لونية داكنة بالصور الجوية.

وتعد المنخفضات الجنينية إحدى الظاهرات التي تشكلت في الجزء الشمالي فوق سطح السهل الحصوي، وتمثل تلك المنخفضات منطقة انتقالية بين تلك الوحدة ومنخفض العرج الواقع إلى الشمال منها، وهي في مجموعها لا تنخفض عن سطح السهل بأكثر من عشرة أمتار، وهي ذوات أشكال غير منتظمة، وإن كانت أكثر ميلاً للاستطالة بفعل تأثرها بالبنية الخطية، وقد سبق للباحث دراستها ضمن الدراسة التي أعدها عن منخفض العرج (ماجد شعلة، 2003).



شكل (4) : مورفولوجية منخفض البحرين الغربي.

المصدر: الصور الجوية مقياس 1:600000 ، الخرائط الطبوغرافية لوحات البحرين، قارة الدبور، الدراسة الميدانية.

وانطلاقا من مفهوم الجار الأقرب، فإن ما يطلق عليه محلياً جبل البحرين يعد من أهم الظاهرات التي تعلو سطح السهل والذي يؤثر بشكل مباشر فى ظاهرة المدرجات البحيرية الواقعة عند أسافله من الجنوب والغرب.

وجبل البحرين من الوجهة التركيبية ليس إلا كويستا تميل طبقاتها جهة قاع المنخفض، وهي طبقات متفاوتة الصلابة تشكلت منها مجموعة المدرجات الصخرية، والتي استغلها الرومان في حفر المقابر الصخرية إبان الفترة الممتدة بين 100 ق.م – 100م (Fakhry, A., 1939; 609: 610) .

كما تجري هنا فوق منحدر الميل عدد من خطوط التصريف تنتهي إلى سطح السبخة الجافة، والتي كان لها أثر فعال في تشكيل المدرجات البحيرية.

3- نطاق الكثبان الجنوبي:

يمثل منخفض البحرين الغربي جنباً إلى جنب مع منخفضات الجوار الواقعة إلى الشرق منه الحد الشمالي لبحر الرمال العظيم بالصحراء الغربية بمصر، ويتدرج السطح هنا في الارتفاع من منسوب +30 متراً المحدد لبدايات حافة الجانب الجنوبي للمنخفض إلى منسوب +160 متراً بداخلية بحر الرمال.

ويتدرج نمط الأشكال الرملية مع هذا الارتفاع من غطاءات رملية تعلو سطح الهضبة جنوبي المنخفض إلى كثبان رملية طولية كلما زاد سطح الأرض ارتفاعاً، ويعكس نمط كثبان الوصلة Y Junctionتضرس السطح الأصلي المدفون أسفل تلك الرمال، وهو من نمط ذى الفتحة المواجهة للرياح والذي يتشكل من التحام كثيبين عند هبوطهما إلى حضيض حافة المنخفض أو قاعه (Embabi, N., 1995, 17)، وتعد الرياح الغربية والشمالية الغربية هي المسئول الرئيسى عن تشكيل هذا النمط من الكثبان التي تتفق محاورها الطولية مع توجيه تلك الرياح ، كما يتم تعديل جوانبها بفعل رياح مستعرضة هي الرياح الشمالية الشرقية التي تشكل من جوانب الكثبان المواجهة لها عناصر أرضية محدبة ، وفي اتجاه مضاد تهب الرياح الجنوبية الغربية التي تنجح – هي الأخرى – في تشكيل جوانب مقعرة الشكل ، وقد سبق للباحث دراسة ديناميكية الرياح السائدة بالإقليم وأسباب تحدب وتقعر جوانب هذا النمط من الكثبان (ماجد شعلة ، 2003).

4- قاع المنخفض :

يمثل قاع المنخفض أسفل خط كنتور – 5.5 متر جزء من سطح تحاتي جمع طوال فترات تشكيله بين نظامين للتعرية، أولهما: النحت بمعناه الشامل في بدايات تشكيله، وثانيهما: الإرساب باعتباره مستوى قاعدة محلى للوحدات الأرضية السابقة.

ويتوزع قاع المنخفض بين وحدتين ثانويتين يمكن تناول كل منهما على النحو التالي:

أ- السبخة الجافة :

يتشكل سطح السبخة الجافة من رواسب قاع البحيرة القديمة التي تتوزع حجمياً بشكل متدرج من أطراف البحيرة القديمة – حيث الرواسب التي يغلب عليها النسيج الرملي الخشن من مكونات المراوح أو الدلتاوات القديمة التي كانت تنتهي إلى البحيرة – إلى الهوامش الخارجية الملاصقة للمسطح البحيري الحالي حيث تسود هنا الرواسب الناعمة.

ويتغطى سطح السبخة بالقشرة الملحية التي يقل سمكها بالاتجاه صوب المسطح البحيري الحالي؛ إذ يبلغ متوسط سمكها حوالي 80سم عند أسافل أحدث درجة بحيرية، فى حين تختفي بالقرب من البرك التي توجد على هوامش المسطح البحيري الحالي.

ويعكس التباين في لون الرواسب محتواها من الرطوبة؛ إذ تصبح فاتحة اللون لجفافها واختلاطها بكميات وفيرة من الأملاح، في حين يزداد دكانة لونها بالاتجاه صوب المسطح البحيري الحالي لارتفاع محتواها من الرطوبة الناجم عن ارتفاع مستوى الماء الباطني ،حتى إنها تتحول إلى برك تغوص فيها الأقدام وتنمو بها أشجار الطرفة وحشائش السومارمار ، وليس ثمة ظاهرات دقيقة تقطع سهلية سطح السبخة سوى النباك الرملية التي تظهر بالهوامش الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية لحدود البحيرة الحالية ، حيث تمكنت النباتات من التقاط وتجميع حبيبات الرمال (صورة 1).

ويتضح من خريطة اتجاهات الجريان السطحي (شكل 1ب) مركزية التصريف وشيوع الاتجاهات القصيرة التي تعكس عدم انتظام سطح السبخة الجافة، وهذا ما يتفق مع قيمة المعامل المرتفع نسبياً لتضرس قاع المنخفض[1] للنطاق المحصور بين منسوبى (– 5.5 ، –10متر) حيث بلغت قيمته حوالي 0.2 .

ب- المسطح البحيري الحالي :

تشغل البحيرة الحالية مساحة تقدر بحوالي 4.9 كيلو متراً مربعاً، ويبلغ حجم المياه بها حوالي 0.0066 كيلو متراً مكعباً، وهي ضحلة؛ إذ لا تزيد أعمق نقطة بها عن مترين فقط، وقاعها شبه مضرس؛ حيث يبلغ معامل تضرسه حوالي 0.3، وتأخذ شكل المستطيل ؛ إذ يبلغ

---

(1) نسبة تضرس قاع المنخفض = المساحة البلانميترية للقاع ÷ المساحة الحقيقية للقاع. علماً بأن قيمة المعامل تبلغ الواحد الصحيح في حالة الاستواء العام، والعكس إذا اقترب من الصفر (محمد محمود طه، 2000، 249).

معامل استطالتها[1] حوالي 0.75 ، وربما يرجع ذلك كما يرى "امبابي" إلى أن البحيرة مع غيرها من بحيرات الجوار تقع على امتداد خطوط الصدوع بالمنطقة (Embabi, N., 1999, 15).

وقد انعكست ظروف الجفاف الشديد المصاحبة بارتفاع معدلات التبخر في تكوين شطوط ملحية تحيط بالهوامش الخارجية للمسطح البحيري الحالي ، فضلا عن القشرة الملحية فوق سطح السبخة الجافة .

وقد تأثرت الخصائص الكيميائية لمياه البحيرة بالمناخ الجاف، حيث أشار (El Ramly, I.) إلى أن درجة تركيز الأملاح في المياه المنبثقة من العين بقاع البحيرة عند أعماق تراوحت بين 165 ، 125 متراً (أسفل سطح الأرض) قد بلغت حوالي 280 ، 410 جزء في المليون على الترتيب ، في حين بلغت درجة تركيز الأملاح لمياه المسطح المائي المكشوف حوالي 194250 جزء في المليون (El Ramly, I., 1966, 561).

وتبلغ جملة تصرف الطبقة الحاملة للمياه الجوفية (وهي صخور الحجر الجيري الرملي التابع للإيوسين الأوسط) حوالي 477750 متراً مكعباً/يوم، تفقد معظمها بفعل التبخر، حتى إن البحيرة تصنف ضمن نمط بحيرات كلوريد الصوديوم.

وأوضحت نتائج الدراسة الميدانية تذبذب مستوى سطح البحيرة على مدار العام، ومن المتوقع أن يبلغ أعلاه طوال شهور فصل الشتاء، في حين يصل أدنى منسوب له طوال شهور فصل الصيف، وذلك ارتباطاً بكل من منحنيى الحرارة والتبخر.

ثانياً : مورفولوجية المدرجات البحيرية

1- الموقع والموضع :

تظهر المدرجات البحيرية فوق قاع منخفض البحرين الغربي فى نطاقين، **أولهما** : الجانب الشرقي لقاع المنخفض عند أسافل البروز الأرضي لجبل البحرين (شكل 4) في شكل شريط أرضي يبلغ طوله حوالي 4.2 كيلو متراً، **وثانيهما** : الجانب الغربي لقاع المنخفض، وبطول يبلغ حوالي 2.7 كيلو متراً، بعرض أقصى يبلغ حوالي 140 متراً لكل منهما.

---

(1) تم حساب معامل الاستطالة تبعاً للمعادلة التالية : $E = A^{0.5} * 2/L * \prod^{0.5}$

معامل الاستطالة = E ، أقصى طول للشكل L وهو = 3.3 كم ، مساحة الشكل A وهى = 4.9 كم2 ، $\prod$ =3.1416 (Gardiner, V., 1975, 42) .

ويتباين عدد المدرجات البحيرية التى تم التعرف عليها بالحقل – والتى كفلت خصائص مواضعها بقاءها حتى الوقت الحاضر – بين ثلاثة وستة مدرجات، يعلوها صعداً على جوانب المنخفض ثلاثة مدرجات صخرية تمثل بقايا لمكاشف صخرية من تكوين المقطم (إيوسين أوسط) تخلفت عن عمليات تعميق المنخفض، وهى تسهم فى تفسير عدد من الظاهرات الجيومورفولوجية بنطاق المدرجات البحيرية بوصفها الجار الأقرب، ويبين الجدول رقم (1) بعض الخصائص المورفومترية لتلك المدرجات الصخرية.

جدول (1) : الخصائص المورفومترية للمدرجات الصخرية.

المتغير / المدرج	الأبعاد / متر (من – إلى)		متوسط الانحدار (درجة)		منسوب السطح فوق سطح البحيرة الحالية/متر	
	اتساع السطح	ارتفاع الواجهة	السطح	الواجهة	من	إلى
الأول	59–15	6–1.5	8	14	52	46.5
الثانى	38–11	4–3	9	90	43	39
الثالث	41–15	7–4	8	46	35	31

المصدر: نتائج الدراسة الميدانية.

وتمثل المدرجات البحيرية الحالية البقية الباقية من مدرجات كانت تحيط إحاطة شبة كاملة بقاع المنخفض، ولكن خصائص مواضعها حالت دون بقائها كاملة، ويمكن تفسير هذا التباين في ضوء ما يلي :

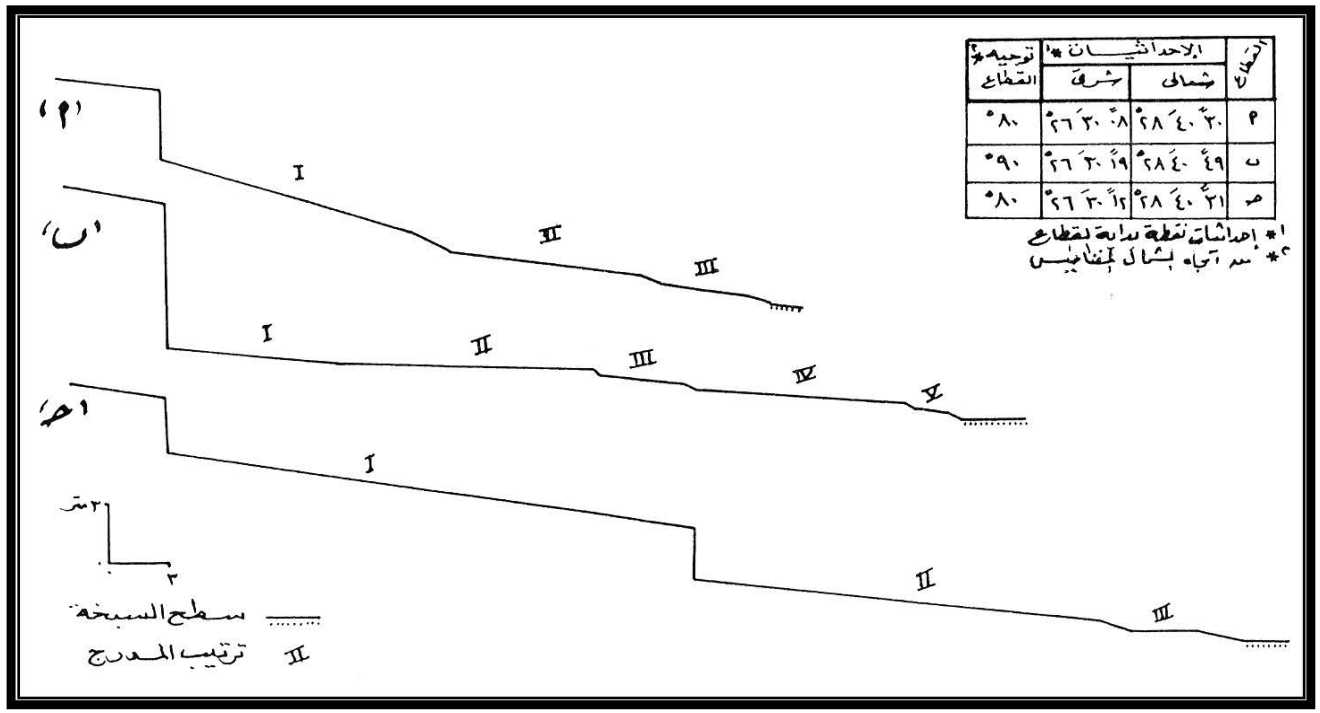
- كان للبروزات الأرضية التي تعلو مواضع المدرجات البحيرية دور رئيسى في الحفاظ عليها من عمليات نحت الماء الجاري
- أزيلت المدرجات البحيرية من الجوانب الشمالية بفعل نشاط المجاري المائية التى تمكنت من تشكيل تلال طولية تتفق محاورها مع خطوط التصريف، وهي بمثابة دلائل على عمليات النحت المائي، ومن ثم لم تكن ظروف الموضع حافظة لبقاء تلك المدرجات.

- أثر ترسيب الرمال على طول الشواطئ الجنوبية لبحيرة البحرين الغربية في ردم المدرجات البحيرية أسفلها.
- أسهم توجيه بعض مواضع المدرجات البحيرية في الجانب الشرقي – الذى تتعامد عليه الرياح الشمالية الغربية والغربية – فى ترسيب بعض الفرشات الرملية التي تعلو سطح المدرجات في شكل بقع متناثرة تسهم في طمس معالمها، واختفائها أسفل تلك الفرشات.

2- الخصائص المورفومترية :

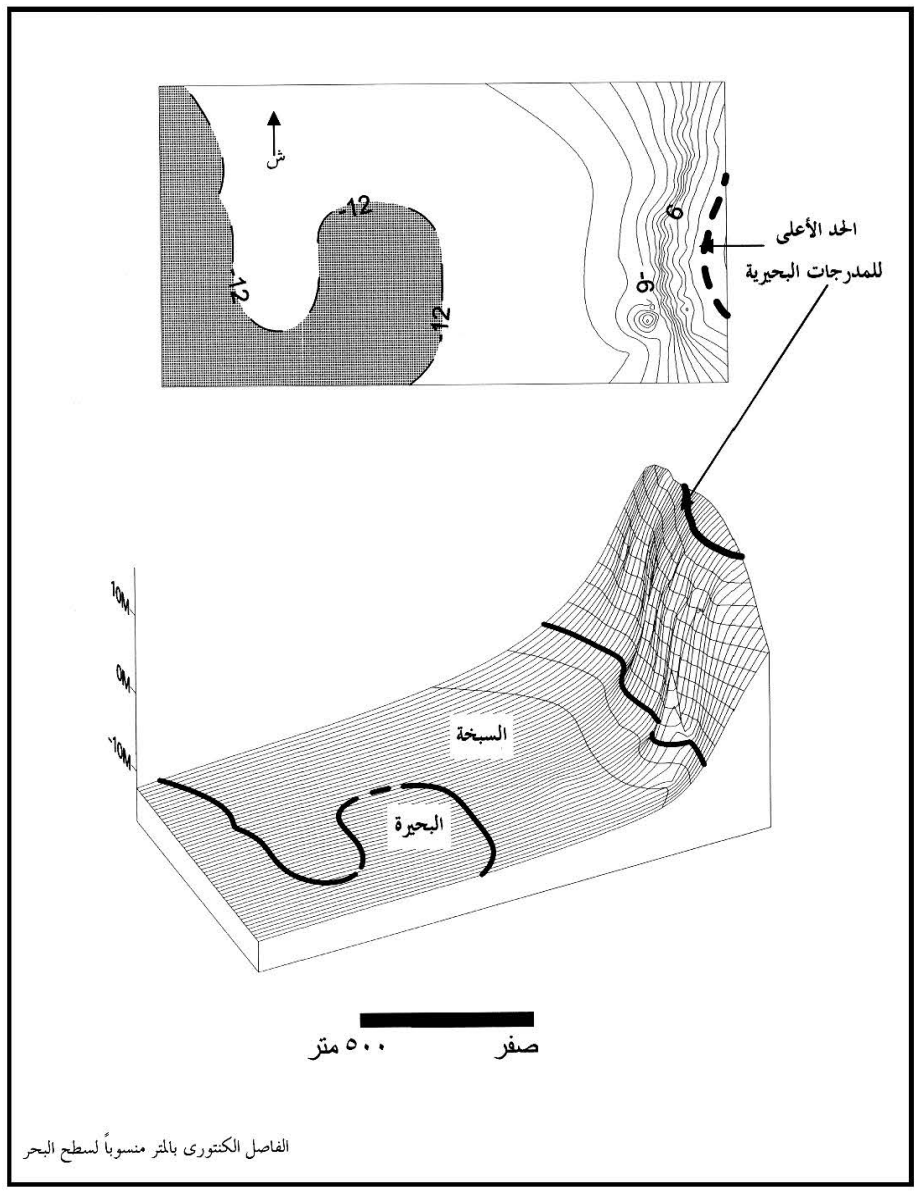
يهتم هذا الجزء من البحث بدراسة بعض الخصائص المورفومترية للمدرجات البحيرية المتعلقة بأبعادها وانحداراتها، ومن دراسة الجدول (2) والشكلين رقمي 5، 6 يمكن استنتاج الحقائق التالية:

- ***تتوزع أسطح المدرجات البحيرية بين ستة مستويات، يرتفع أعلاها (أقدمها) بمقدار يتراوح بين 22.3 ، 25.5 متراً فوق منسوب سطح البحيرة الحالية، في حين يتراوح مستوى أدناها بين صفر، 4.5 متراً.***
- يتباين متوسط اتساع أسطح المدرجات البحيرية في مدى قدره 61متراً وبمعامل اختلاف يبلغ حوالي 117٪، ويرجع هذا التباين إلى احتمالين، **أولهما** : ارتباط متوسط اتساع المدرج الثاني – وهو أكثر المدرجات المدروسة اتساعاً – بالانحدار الهين للسطح الأولي الذي ترسب عليه، ومن ثم كانت الظروف مواتية لامتداد تلك الرواسب فوق قاع البحيرة القديمة لمسافة أكبر داخل البحيرة، مما انعكس على اتساعها في مرحلة ظهورها بعد انحسار مياه البحيرة عنها، **وثانيهما** : تعرض رواسب بعض المدرجات للإزالة، وهذا الاحتمال تؤكده نتائج الدراسة الميدانية خاصة لرواسب المدرجين الرابع والخامس، وربما يرجع ذلك إلى حداثة الرواسب التي يتشكل منها هذان المدرجان مما يعنى ضعف تماسكها مقارنة بالرواسب الأقدم التي تتشكل منها المدرجات العليا والتي تكون على سطحها قشرة كلسية قامت بدور الغطاء الواقى لما يقع أسفلها من رواسب وإن كانت شبه متماسكة .
- تواضع ارتفاع واجهات المدرجات الخمسة الأدنى من المدرج الأول، فضلاً عن الانخفاض الملحوظ في درجة انحدارات الأسطح الواقعة أسفل منها، الأمر الذي يشير إلى ضآلة الفعل الذي كانت تمارسه الأمواج البحيرية إبان فترات تشكيلها، والذي يرجع إلى ضعف الأمواج ومحدودية أبعادها، ويعزى الباحث هذا الضعف إلى ضيق المسطح البحيري أو ما يعبر عنه بطول الامتداد Length fetch والذي ترتبط به أبعاد الأمواج المتولدة (الطول والارتفاع) ارتباطاً طردياً (جودة، 2003 ، 399 ، Leader, M, 1982, 332) وكذلك إلى ضحالة المياه عند أسافل تلك الواجهات التي تسهم في تكسر الأمواج بعيداً عن قواعدها ومن ثم فقدان معظم قدرتها على النحت.
- تباين انحدار واجهات المدرجات البحيرية في مدى كبير يبلغ حوالي 71 درجة، وباستبعاد واجهة المدرج الأول (ذو النشأة الصخرية البحيرية) فإن المدى ينخفض إلى 36 درجة فقط، أي إلى حوالي النصف، وبمتوسط يبلغ حوالي 31 درجة ، كما يبدو التدرج في الانحدار



المصدر: الدراسة الميدانية.

شكل (5) : القطاعات التضاريسية للمدرجات البحيرية.



المصدر: نتائج الدراسة الميدانية باستخدام جهاز المحطة المساحية المتكاملة Total Station.

شكل (6) : النموذج العددى للمدرجات البحيرية.

ابتداء من واجهة المدرج الثالث وحتى واجهة المدرج السادس، وربما يرتبط ذلك بكمية وحجم ما يستقر من المفتتات الناجمة عن حركة المواد والتي تزداد كمياتها وتقل أحجامها تدريجياً بالاتجاه صوب سطح المدرج البحيرى السادس.

وبالنسبة لانخفاض درجة انحدار واجهة المدرج البحيرى الثانى فذلك مرتبط بوجود كميات وفيرة من رواسب قواعد المخاريط الرسوبية التي أسهمت في خفض متوسط انحدارها.

جدول (2) : **الخصائص المورفومترية للمدرجات البحيرية بمنخفض البحرين الغربى.**

المتغير / المدرج	متوسط اتساع سطح المدرج/ متر	منسوب سطح المدرج فوق سطح البحيرة الحالية /متر		واجهة المدرج		متوسط الانحدار /درجة	
		من	إلى	النمط	متوسط الارتفاع/متر	سطح المدرج	واجهة المدرج
1	19.5	25.50	22.35	بنيوى	7.00	9.2	90
2	66	*22.15*	15.7	بحيرى	0.20	5.5	19
3	37	15.4	8.85	بحيرى	0.30	10	55
4	14	8.15	7.00	بحيرى	0.70	4.7	30
5	5.00	6.50	5.25	بحيرى	0.50	13	28
6	-	4.50	صفر	بحيرى	0.70	0.1	25

المصدر: نتائج الدراسة الميدانية.

وفي ضوء مناسيب المدرجات البحيرية (جدول 2) يمكن تحديد مساحات البحيرات وأحجامها التي شغلت قاع منخفض البحرين (جدول 3)؛ إذ تبين أن قيمة متوسط معامل الانكماش الكلي[1] لمساحة أكبر بحيرة كانت تشغل قاع منخفض البحرين الغربي حوالي 1 : 12.6، أي أن بحيرة الفترة الأولى كانت تعادل حوالى ثلاثة عشر مثل ما تشغله البحيرة الحالية، كما أن حجمها كان يعادل حوالي 130 مثل حجم البحيرة الحالية.

---

(1) معامل انكماش مساحة (أو حجم) = مساحة (أو حجم) المسطح البحيري الأحدث (التالي) / مساحة (أو حجم) المسطح البحيري الأقدم (السابق)

كما تم تمييز ست فترات جافة فصلت بين الفترات البحيرية التي شغلت قاع المنخفض، وربما يكون أطولها وأشدها ثلاث فترات، الأولى: التي فصلت بين الفترتين البحيريتين الثانية والثالثة، والثانية: التى فصلت بين الفترتين البحيريتين الثالثة والرابعة، والثالثة: التي أعقبت آخر فترة بحيرية، ويعتقد الباحث بأنها كانت أكثر الفترات الجافة حدة، وقد كان معدل انكماشها سريعاً بدليل عدم وضوح خطوط شواطئ أو عدم ظهور نقاط تغير فجائي في الانحدار فوق سطح السبخة الجافة الحالية التي كانت تمثل قاع البحيرة.

جدول (3) : بعض الخصائص المورفومترية للبحيرات القديمة بمنخفض البحرين الغربى.

المتغير / الفترة البحيرية	المساحة / كم2		الحجم /كم3		معامل انكماش المساحة		معامل انكماش الحجم	
	من	إلى	من	إلى	من	إلى	من	إلى
الأولى	58.6	65	0.76	0.954	**1.27 :1**	**1.12 :1**	1.85 :1	1.27 :1
الثانية	46	58.2	0.41	0.75	1.53 :1	1.28 :1	**2.73 :1**	1.88 :1
الثالثة	30	45.3	0.15	0.398	1.23 :1	1.61 :1	1.5 :1	3.06 :1
الرابعة	24.3	28	0.1	0.13	1.32 :1	1.21 :1	1.6 :1	1.48 :1

الخامسة	18.4	23	0.062	0.088	1: 1.17	1: 1.47	1: 1.24	1: 1.76
السادسة	15.66	-	0.05	-	1: 3.2	-	1: 7.57	-
الحالية	4.9	-	**0.0066**	-	-	-	-	-

المصدر: من حساب الباحث اعتماداً على نتائج الدراسة الميدانية ، وباستخدام برنامج Surfer ,V.7

3- خصائص الرواسب :

تتكون رواسب المدرجات البحيرية – بشكل عام – من مفتتات متباينة الحجم، يغلب عليها النسيج الرملى الخشن، وتختلط ببللورات ملحية، وهى ضعيفة التماسك، وفى محاولة تهدف إلى إلقاء الضوء على عوامل وعمليات تشكيلها، يمكن دراسة خصائصها الحجمية ونسيجها السطحى على النحو الآتى:

أ- الخصائص الحجمية .

من تتبع أرقام الجدول رقم (4) يمكن استنتاج النتائج التالية :

- تتكون الرواسب السطحية التى تتشكل منها المدرجات البحيرية الستة من رواسب رملية خشنة جداً، تمثل بقايا رواسب دلتاوية، مع ملاحظة تدرجها الحجمى – أى من الخشن إلى الناعم– من هوامش البحيرة القديمة إلى مركز حوض الترسيب؛ حيث تتم عملية الفرز والتصنيف، متوافقة فى الوقت نفسه مع تناقص طاقة المياه الجارية التى نقلت تلك الرواسب إلى الحوض.

جدول 4

- جودة تصنيف حبيبات الرواسب Very well sorted وفقاً لمعاملات التصنيف والالتواء والتفلطح، وإلى صغر المدى الذى تتركز فيه أحجام الحبيبات حول وسطها الحسابى، وتركز النسبة الأكبر داخل فئة الرمل الخشن جداً، إضافة إلى كونها ذات تركيب أحادى المعدن، وربما يكون فى ذلك إشارة إلى المصدر الصخرى الواحد الذى اشتقت منه تلك الرواسب، وقد كان لتلك الخصائص – وكذلك اضطراب الجريان – الدور المهم فى تحديد عملية النقل التى تمثلت فى الجر والدحرجة Traction and Rolling Load .

نستخلص مما تقدم أن التشابه الكبير بين الخصائص الحجمية للرواسب البحيرية قد يكون فيه إشارة إلى تشابه الظروف البيئية التى عاصرت تكون المدرجات البحيرية بمنخفض البحرين الغربى.

ب- النسيج السطحى لحبيبات الكوارتز:

يعد الفحص المجهرى أحد الوسائل الحديثة لدراسة خصائص النسيج السطحى لحبيبات الكوارتز، والذى يهدف للوقوف على طبيعة وبيئة وعمليات ترسيبها.

وقد استخدمت تلك الوسيلة فى متابعة التغيرات التى حدثت فى بيئة ترسيب الرواسب السطحية التى تشكلت إبان الفترات الجليدية خلال الزمن الرابع، والتمييز بينها؛ حيث كشفت بعض الدراسات عن إمكانية استخدام هذه الوسيلة فى تحديد الظاهرات الدقيقة فوق أسطح حبيبات الكوارتز، والتى تتنوع باختلاف بيئات ترسيبها والعمليات المصاحبة لها .
(Nordstorm, C.E., 1972, 532: 535; Krinsley, D. & Doornkamp, J., 1973, 4; Douglas, L .& Platt, D ., 1977, 641 ؛ أحمد عبد السلام وعاشور، 2000 ، 33 : 34) .

ويرى Mazzullo, J. et al أنه من الصعب أن يتم الاعتماد فقط على الأشكال الدقيقة على سطح حبيبات الكوارتز لتحديد بيئة ترسيبها؛ إذ يرى – على سبيل المثال – أن عملية البرى Abrasion Process يمكن لها أن تشكل ظاهرات متشابهة فى بيئات مختلفة، ومن ثم يجب توخى الحذر عند الاعتماد على تلك الوسيلة (Mazzullo, J. et al., 1986, 55).

وللتغلب على تلك الصعوبات، يرى كل من Philobbos et al., 1990 و Boggs, S.,1987 أنه يمكن الاعتماد على نتائج التحليل الميكانيكى والإحصائى فى تحديد أصل نشأة الرواسب مع النتائج المستقاة من دراسة النسيج السطحى لحبيبات الكوارتز.

واعتماداً على نتائج المسح المجهرى لعينات حبيبات الكوارتز[1] والواردة بالجدولين رقمى (5، 6) والتى تمثل المدرجات البحيرية الستة التى تظهر فوق قاع منخفض البحرين الغربى، يمكن تصنيف الظاهرات التى تتشكل على أسطح تلك الحبيبات وفقاً لمعيارين، **الأول:** العمر، فهناك الظاهرات القديمة والحديثة، ويمكن أن نطلق عليه أساس تعدد دورات الترسيب، **والثانى:** بيئة الترسيب بجوانبها المتعددة من حيث العامل والعملية وخصائص حوض الترسيب، وفيما يلى دراسة لكل منهما:

* **تبعاً لتعدد دورات الترسيب :**

يمكن تمييز مجموعتين من الظاهرات، **الأولى:** الظاهرات قديمة النشأة، وتتمثل فى المنخفضات الطولية وشبه الدائرية الضحلة على أسطح الحبيبات الممثلة للمدرجات البحيرية من الأول وحتى الخامس، وقد كانت تلك المنخفضات أكثر عمقاً فى بدايات تشكيلها، وما لبثت أن أصبحت ضحلة بفعل تراكم رواسب السيليكا فوق قيعانها، كما أصبحت جوانبها أقل حدة وأكثر نعومة بفعل عمليات التجوية الكيميائية، وقد انعكست تلك الخصائص على النسيج البسيط لأسطح حبيبات الكوارتز، **الثانية :** الظاهرات حديثة النشأة، ويمثلها رواسب السيليكا، والحفر العميقة، والمنخفضات الطولية العميقة، والحافات القوسية، والمدرجات القوسية، والحفرة داخل حفرة Pit in Pit، وأسهمت ظاهرات تلك المجموعة فى شدة تضرس سطح حبيبات الكوارتز، وتشيع تلك الظاهرات على أسطح حبيبات العينة الممثلة للمدرج البحيرى السادس.

وفى ضوء نتائج هذا الفحص يمكن القول بأن الظاهرات قديمة النشأة قد تعرضت لأكثر من دورة إرسابية، حيث تتشكل ظاهرات أحدث تخفى أسفل منها ظاهرات أقدم أو تعدلها، وتنطبق تلك النتيجة على رواسب المدرجات البحيرية الأقدم، والتى تتصف بانخفاض درجة تضرس أسطحها، وعدم وجود تباين شديد من حيث النوع بين الظاهرات المشكلة لأسطحها، فى حين تزداد أسطح الحبيبات تضرساً، وتتنوع الظاهرات عليها تنوعاً شديداً فى رواسب المدرجات الأحدث، وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه كل من Douglas , L.& Platt, D., فى دراستهما لنسيج أسطح حبيبات الكوارتز للمدرجات البليستوسينية، حيث توصلا إلى أن الظاهرات التى تشكلت فوق أسطح حبيبات المدرجات القديمة (مدرج فترة ويسكونسن الجليدية) تتصف بعدم حدتها وتنوعها، فى حين تصبح أكثر تنوعاً ووضوحاً وكثافة فوق أسطح الحبيبات الممثلة للمدرجات الأحدث (مدرج فترة كاتسان الجليدية) (Douglas, L. & Platt, D., 1977, 644: 645) .

---

(1) يرى Krinsley & Doornkamp أنه يكفى لدراسة خصائص عينة من حبيبات الكوارتز فحص عدد يتراوح بين 15 و20 حبيبة، وتعميم النتائج على باقى مفردات العينة (Krinsley, D. & Doornkamp, J., 1973, 7)

* **تبعاً لبيئة الترسيب.**

فى ضوء الظاهرات الدقيقة التى تشكل أسطح حبيبات الكوارتز بالرواسب السطحية التى تتكون منهاالمدرجات البحيرية يمكن تمييز بيئتين رئيستين هما:

- **البيئة الجافة :** وسادت فيها التعرية الهوائية وخاصة كعامل برى Abrasion ، إضافة إلى عمليات التصادم بين الحبيبات أثناء نقلها بواسطة الرياح .

وقد تأثرت بظروف تلك البيئة كافة الرواسب السطحية التى تتكون منها المدرجات البحيرية؛ إذ تشير بعض الدراسات الى أن الحبيبات جيدة الاستدارة، وذات الكروية المنخفضة (جدول 5) والحافات المقوسة، والمنخفضات شبه الدائرية والطولية، والأطباق المقلوبة، ومضلعات الفواصل Fracture polygon، تمثل مجتمعة ظاهرات مثالية تنتشر فى كل مجتمع الرواسب المدروسة، وجميعها يمثل مؤشرات على سيادة فعل التعرية الهوائية فى بيئة صحراوية شديدة الجفاف (صورة 9، 11) (Baker, H., 1976, 879; EL Fishawy, N. & Molnar, B., 1984, 252; Boggs, S., 1987, 130)

- **البيئة الشاطئية الضحلة :** وسادت فيها عمليات ميكانيكية وكيميائية ، وانطبعت آثارها على أسطح حبيبات الكوارتز ؛ حيث تشكلت الدرجات المقوسة Arcuate Steps والنسيج المحارى Conchoidal Texture والحفر على شكل حرف V Shaped Pits وجميعها ظاهرات نجمت عن الفعل الميكانيكى للمياه المضطربة والضحلة على طول الشاطىء ، كما تشكلت الحفر العميقة غير المنتظمة Irregular Deep Pits بفعل الإذابة (الصورتان رقما 10، 12).

وفيما بين هاتين البيئتين مارست عمليات التجوية الكيميائية دورها فى تشكيل ظاهرتين رئيستين، **أولاهما :** تجمعات من رواسب السيليكا التى تشكلت بفعل تتابع الرطوبة والجفاف على أسطح حبيبات الكوارتز؛ إذ يذكر كل من (أحمد عبدالسلام وعاشور) "أن إرساب السيليكا على حبيبات الرمال من خصائص البيئات الصحراوية؛ حيث أن مظاهر الرطوبة وخاصة الندى يذيب الأملاح أثناء تساقطه على الرمال ليلاً ثم يتبخره نهاراً نتيجة للتفاوت الحرارى الذى يؤدى بدوره الى تركيز حامضية هذه المياه، فتعمل على استخلاص نسبة من السيليكا من حبيبات الكوارتز ثم تعيد إرسابها بتبخر المياه ..." (أحمد عبد السلام وعاشور، 2000، 45).

وتتباين تجمعات رواسب السيليكا فيما بينها من حيث المظهر، فبعضها غطائى مموج وغير منتظم وتتخلله الحفر، كما هو الحال فى العينات الممثلة للمدرجات البحيرية الثانى والخامس والسادس، وبعضها ورقى رسب فى شكل وريقات بعضها فوق بعض، كما هو الحال فى العينة الممثلة للمدرج البحيرى الثالث، وأخيراً تترسب السيليكا فى شكل بللورات تعكس نسيجا حبيبيا غير منتظم، كما هو الحال فى رواسب العينة الممثلة للمدرج البحيرى الرابع (الصور أرقام 13، 14، 15).

وربما يكون فى هذا التباين إشارات واضحة إلى تباين بيئات ترسيب كل منها، أو إلى مدى تعقد و بساطة دورتها الرسوبية التى مرت بها؛ وعلى سبيل المثال فإن السيليكا التى رسبت فى شكل وريقات قد مرت بأكثر من دورة إرسابية، بل ان الحفر التى تشكل تلك الر واسب وتجعل نسيجها غير منتظم تشير هى الأخرى الى إعادة تشكيلها فى بيئة رسوبية جديدة، وفى فترة زمنية طويلة.

ثانيهما : نظم الفواصل أو ما يطلق عليها مضلعات الفواصل Fracture Systems or Polygons التى تظهر على أسطح الحبيبات ذاتها أو فوق قيعان المنخفضات التى تتشكل فوق تلك الأسطح ، وربما تشكلت تلك الفواصل بفعل تبلور الأملاح وجفاف الرواسب ، وتعد مؤشراً جيداً لسيادة مناخ صحراوى نموذجى (Baker, H., 1976, 879).

وثمة ملاحظة أثناء القيام بعملية الفحص الميكروسكوبى تتمثل فى ظهور رواسب السيليكا فى شكل عروق دقيقة متتبعة فى مساراتها نظم الفواصل، كما هو الحال فى العينة التى تمثل رواسب

المدرج البحيرى الأول، وتشبه فى ذلك الى حد كبير المضلعات الملحية التى تتشكل فوق أسطح السبخات.

جدول (5) : توزيع حبيبات الكوارتز وفقاً لفئات استدارتها وكرويتها.

الشكل / المدرج	الكروية	الاستدارة		
		جيدة الاستدارة	مستديرة	شبه مستديرة
الأول	عالية	14	-	-
	منخفضة	14	58	14
الثانى	عالية	9.1	-	27.3
	منخفضة	18.2	18.2	27.3
الثالث	عالية	16.6	-	-
	منخفضة	16.6	33.4	33.4
الرابع	عالية	16.6	16.6	-
	منخفضة	-	33.4	33.4
الخامس	عالية	9.1	-	-
	منخفضة	9.1	27.3	54.5
السادس	عالية	11.2	-	-
	منخفضة	-	55.5	33.3

المصدر: من حساب الباحث اعتماداً على نتائج المسح المجهرى، وبالمقارنة بمقياس (Powers, S., 1953, 118).

كما أسهمت عمليات التجوية الكيميائية فى تهذيب جوانب المنخفضات التى كانت فيما مضى ذوات جوانب حادة، بالإضافة إلى إعادة ترسيب السيليكا فوق قيعانها وتحويلها الى منخفضات ضحلة، وهى سمة تتصف بها رواسب العينات التى تمثل المدرجات البحيرية من الأول إلى الخامس، فى حين لازالت حبيبات المدرج البحيرى السادس (وهو أحدثها) تحتفظ بمنخفضات عميقة وحادة الجوانب، وربما يرجع ذلك فى المقام الأول الى حداثة تشكيلها.

من هذا يتضح أن الظاهرات التى تتشكل فوق أسطح حبيبات الكوارتز تزداد وضوحاً وحدة وكثافة كلما كانت أحدث فى التشكيل، وهذه ربما تكون قاعدة يمكن تعميمها على رواسب المدرجات البحيرية من أعلى الى أسفل، أى من القديم إلى الحديث.

وقد أرجع Douglas, L. & Platt, D., 1977 مقدار التغير فى مظهر الحبيبة الى علاقة الرواسب بالمياه الأرضية التى تزيد بالاتجاه إلى أسفل القطاع، وأوضحا أن مقدار التغير الذى يصيب حبيبات الكوارتز يعتمد بدرجة كبيرة على مقدار الرطوبة الأرضية ، إضافة إلى أن التدرج فى حجم الحبيبات والذى يصبح أدق بالاتجاه من أعلى الى أسفل يؤثر هو الآخر فى مقدار هذا التباين ؛ إذ أن الحبيبات الدقيقة أكثر قدرة على الاحتفاظ بالمياه من الحبيبات الخشنة (Douglas, L. & Platt, D., 1977, 644:645) .

مما تقدم نستخلص مدى تعقد وتداخل العوامل والعمليات المسؤولة عن تشكيل رواسب المدرجات البحيرية فوق قاع منخفض البحرين الغربى، وهى سمة غالبة فى البيئات البحيرية بشكل عام، لذلك فإن الاعتماد على وسائل متعددة عند تحديد طبيعة تلك البيئات البحيرية القديمة وخصائصها يكون أفضل نظراً للتشابه الكبير بين طبيعة رواسب هوامش البحيرات ورواسب البيئة

البحرية الضحلة وما قد يحدث من خلط نتيجة لهذا التشابه عند تفسير النشأة وظروف الترسيب (Boggs, S., 1987, 379).

4- *الظاهرات الجيومورفولوجية بنطاق المدرجات البحيرية :*

كان انحسار مياه البحيرات القديمة إشارة لبدء نشاط عدد من عوامل وعمليات التعرية التي دأبت في تشكيل المدرجات البحيرية؛ إذ اتضح من نتائج الدراسة الميدانية ارتباط عدد من الظاهرات بالمدرجات البحيرية والتى تعد دليلاً على أنها تمر كغيرها من الظاهرات بدورة جيومورفولوجية، وفيما يلى دراسة لتلك الظاهرات على النحو التالي (شكل 4):

جدول 6

أ- *الأودية الجافة :*

يمثل قاع منخفض البحرين الغربي مستوى قاعدة محلى لشبكة المجارى المائية التي تستقي مائيتها من ثلاثة مقاسم رئيسة، **أولها:** قمة جبل البحرين على الجانب الشرقي للمنخفض، **وثانيها:** سطح السهل الحصوي في الشمال والشمال الشرقي، **وثالثها:** سطح هضبة باكو فى الغرب والشمال الغربي. وتتصف مجاري المجموعتين الأولى والثالثة بقصرها وشدة انحدارها مقارنة بمجاري المجموعة الثانية التي تصل أطوالها إلى حوالي ثلاثة كيلو مترات.

كما تتميز القطاعات الطولية لمجاري المجموعات الثلاث بعدم انتظامها بفعل ظهور نقاط قطع صخرية تتوافق مناسيبها مع مناسيب أسطح مكاشف صخور الحجر الجيري التي تنتمي إلى عصري الإيوسين (الأوسط) والميوسين والتي تتشكل منها مجموعة المدرجات الصخرية.

وثمة ملاحظة لا تقل أهمية تتمثل في عدم ظهور أية آثار لتلك المجاري المائية فوق سطح السبخة الجافة الحالية، وربما يرجع ذلك إلى أنه في الوقت الذي كانت تشتد فيه ظروف الجفاف والتي يعتقد بأنها واكبت انحسار مياه آخر فترة بحيرية قديمة فوق قاع المنخفض كانت منابع تلك المجاري تجف هي الأخرى ولعل ذلك دليل على أهمية الجريان السطحي في تشكيل بحيرات قاع المنخفض إبان الفترات المطيرة.

وقد أسهمت تلك المجاري المائية إبان فترات جريانها في تقطيع المدرجات البحيرية وإزالتها في كثير من المواضع التي سبق ذكرها عند دراسة توزيعها الجغرافي.

واتضح من نتائج الدراسة الميدانية وجود آثار للعديد من الجداول التي تشكلت فوق سطح المدرج البحيرى الأول، والتي أسهمت في تخفيض ونقل الرواسب غير المتماسكة من هنا وإرسابها فوق واجهة وسطح المدرج الثانى لتسهم في تقليل معدل انحدار تلك العناصر الأرضية، ويبين الجدول (7) قياسات لعينة من تلك الجداول.

جدول (7) : أبعاد عينة من الجداول المائية فوق سطح المدرج البحيرى الأول

بمنخفض البحرين الغربى.

المتغير / العينة	الطول / متر	متوسط الاتساع/متر	متوسط العمق/متر	متوسط انحدار القطاع الطولي/درجة
1	8	*0.30*	0.10	15
2	6.5	0.25	0.20	12
3	11	0.40	0.15	7
4	15	0.35	0.10	14
5	9	0.25	0.30	18

المصدر: نتائج الدراسة الميدانية.

ب- المظلات الصحراوية :

وهي عبارة عن ألسنة بارزة من القشرة الكلسية بالمواضع التي نجحت فيها الرياح من تقويض الصخور الواقعة أسفل منها والأقل مقاومة، خاصة في النطاق الواقع بين المدرجين البنيوى الثالث والبحيرى الأول (صورة 2).

وكان لتعاقب فترات المطر والجفاف بالإقليم أثر مهم في تشكيل تلك القشرة الناجمة عن إعادة ترسيب كربونات الكالسيوم فوق سطحي المدرجين البحيريين الأول والثانى بسمك يبلغ حوالي عشرين سنتيمتر في المتوسط، وتختلط بها حبيبات الكوارتز المنقولة بواسطة الرياح.

وتسترق القشرة وتختلف مكوناتها من كلسية رملية قديمة إلى ملحية رملية حديثة لا يزيد سمكها عن خمسة سنتيمترات تعلو أسطح المدرجات الدنيا (من الثالثة وحتى سطح السبخة الجافة)، ولم تكن القشرة بهذه الخصائص درعاً لرواسب تلك المدرجات التي أزيل معظمها في العديد من المواضع فوق قاع المنخفض.

ج- مخاريط الهشيم :

إحدى الظاهرات الناجمة عن نشاط حركة المواد فوق سطح المدرج البحيرى الأول، وتتكون من خليط من مفتتات جيرية وطفلية مع بعض بقايا حفرية (قروش الملائكة)، وتغطي الرواسب الرملية سطح بعضها، ومن تتبع أرقام الجدول (8) يمكن استنتاج الحقائق التالية :

- الانتشار الطولي لأغلب الرواسب المشكلة لثلثي مخاريط العينة المقاسة ، حيث انخفضت قيمة معامل انتشارها عن الواحد الصحيح، وقد لوحظ ارتباط هذا النمط من المخاريط بأجزاء مقعرة من سطح المدرج البحيرى، وقد بلغ متوسط نسبة ما تشغله العناصر المقعرة بالقرب من مواضع هذا النوع حوالي 51٪ من جملة طول القطاع ، وبدرجات تقوس تراوحت بين 6 ، 14 درجة (العينات أرقام 1، 3، 4، 6). ومن جانب أخر، فإن المخاريط التى يزيد معامل انتشار رواسبها عن الواحد الصحيح، ترتبط بأجزاء محدبة من سطح المدرج البحيرى؛ إذ بلغ نسبة ما تشغله العناصر المحدبة حوالي 53٪ من جملة طول القطاعات المقاسة وبدرجات تقوس تتراوح بين 30- 36 درجة (العينتان رقما 2، 5).
- يسهم تقارب مخاريط الهشيم واندماجها في تماوج سطح المدرج البحيرى الأول كما قد تلتحم قواعدها لتغطي ما يقع أسفلها من رواسب بحيرية، وإخفاء معالمها بمواضع هذا التقارب.

- تفسر أحجام المفتتات التي تتشكل منها مخاريط العينة (معبراً عنها بطول المفتت)، ومتوسط انحدار واجهة المدرج البنيوى الذى تشكلت عند أسافله قمة المخروط، وكذلك متوسط انحدار سطح المدرج البحيرى بمواضع العينات المقاسة حوالي 84٪ من جملة التغيرات التي قد تحدث في انحدار القطاع الطولي لمخروط الهشيم وبصورة طردية، أي أنه بزيادة قيم المتغيرات الثلاث تزيد درجة انحدار القطاع الطولي للمخروط، والعكس وذلك عند مستوى دلالة 5٪.

جدول (8) : أبعاد بعض مخاريط الهشيم فوق سطح المدرج البحيرى الأول.

المتغيرات / العينة	الطول / متر	قاعدة المخروط/متر	متوسط انحدار القطاع الطولي/درجة	معامل انتشار الرواسب(1)
1	5.2	***3.80***	9	0.73
2	4.40	8.6	24	1.95
3	14	***12***	26	0.86
4	24	7.8	10	0.33
5	16	17.80	9	1.10
6	7.50	6.10	27	0.80

المصدر: نتائج الدراسة الميدانية.

د- ثقوب الرياح والشواهد والكتل الصخرية:

ترتبط هذه الظاهرات ارتباطاً سببياً دورياً من حيث النشأة والتطور، فثقوب الرياح أسبق في التشكيل، فهي عبارة عن ثقوب شكلتها الرياح في الأجزاء السفلى للحواجز الفاصلة بين المداخل البحيرية، وهي ثقوب مستطيلة، يبلغ طولها حوالي ثلاثة أمتار، في حين يصل ارتفاعها إلى حوالي المتر الواحد، وبتطورها تسترق سقوفها فتنهار في شكل كتل صخرية وشواهد (الصورتان رقما 3، 4).

(1) معامل انتشار الرواسب = طول قاعدة المخروط / متر ÷ طول المخروط / متر (الباحث)

حدود المعامل: (انتشار جانبي وسطح مقعر < واحد صحيح > انتشار جانبي مروحي وسطح محدب

هـ- الكثبان الرملية:

لا يقتصر توزيع الكثبان الرملية على نطاق المدرجات البحيرية وحده، بل توجد فى كل أرجاء المنخفض، ولعل أهمها تلك الكثبان التي تحركت نزلاً فوق واجهة الحافة الجنوبية للمنخفض، حتى إنها لامست مياه البحيرة، مما يهددها بالانطمار في ظل ظروف الجفاف السائدة، ولم تتمكن أشجار النخيل بوصفها مصدات طبيعية لزحف الرمال، بل بدا معظمها وقد انطمر أسفل تلك الكثبان (صورة 1)، كما نجحت الرياح في إلقاء حمولتها بنطاق المدرجين البحيريين الأول والثانى بمنطقة المقابر الصخرية،حتى إن كثيراً من تلك المقابر قد أغلقت مداخلها بواسطة تلك الرمال السافية (صورة 8).

و- المداخل البحيرية :

ظاهرة ذات نشأة مركبة تقع في نطاق المدرج البحيرى الأول، وتبدأ دورتها التحاتية في ظهور العديد من الفجوات Notches في واجهة المدرج البنيوى الذى يعلو سطح المدرج البحيرى الأول، وقد تشكلت تلك الفجوات على امتداد نظم الفواصل ، وبفعل الأمواج البحيرية وعمليات الإذابة، ثم ما لبثت أن اندمجت بفعل انهيار الحوائط الدقيقة الفاصلة فيما بينها، كما تزداد استطالتها على امتداد

خطوط الضعف فى صخور الطفل والحجر الجيري – وهي هنا أسطح الانفصال – ليتشكل منها كهف بحيري قد ينهار سقفه في مرحلة تالية مشكلاً للمدخل البحيري ، وتضفي تلك المداخل سمة التشرشر وعدم الانتظام فى مواضعها ، كما تتباين أبعادها تبعاً لدورتها الجيومورفولوجية ، وقد تم إجراء قياسات لخمس عينات من تلك المداخل تمثل الأنماط المختلفة السائدة بالنطاق (جدول 9، وصورة 5).

وقد اتضح من نتائج الدراسة الميدانية أن بعض تلك المداخل (كما هو الحال في العينتين رقمي 2، 3) قد استطالت حتى أصبحت بداياتها عند أسافل واجهة المدرج البنيوى الثانى، ليتشكل منها جرف رأسي بلغ ارتفاعه في المتوسط عشرة أمتار تمثل المسافة الرأسية للمدرجين البنيويين الثانى والثالث (جدول 1)، (صورة 6)، ويعزى زيادة متوسط انحدار القطاعات الطولية لبعض مفردات العينة المقاسة (العينتين رقمي 2، 5) عن المعدل العام للانحدار البالغ 16 درجة، إلى النشاط الملحوظ لعمليات توسيع الجوانب التى يضاف نتاجها من كتل الطفل والحجر الجيرى إلى قيعان المداخل لتسهم فى زيادة انحدار القطاع الطولى، وتعمل الرياح على تسوية قيعان بعض المداخل التي توازيها في الاتجاه بإلقاء حمولتها وخفض معدلات انحدار قطاعاتها الطولية كما هو الحال في موضع العينات أرقام 1، 3، 4.

وتؤدى عمليات توسيع جوانب تلك المداخل على حساب الحواجز الصخرية التى تفصل بينها إلى اندماج مدخلين أو أكثر متجاورين (كما هي بموضع العينتين رقمي 1، 5)، كما قد تبقى بعض من تلك الحواجز ناهضة حيث يعاد تشكيلها بواسطة الرياح المتعامدة عليها في شكل ثقوب.

جدول (9) : أبعاد بعض المداخل البحيرية بنطاق المدرج البحيرى الأول.

المتغير / العينة	الطول / متر	الاتساع عند مخرج المدخل/متر	الاتساع عند بداية المدخل/متر	متوسط انحدار القطاع الطولي/درجة
1	16	11.50	7.50	8
2	38	8	2	27
3	30	19	9.50	9
4	13	9	4.50	11
5	4	10	2.25	27

المصدر: نتائج الدراسة الميدانية.

ثالثاً : نشأة المنخفض وعلاقته بتشكيل المدرجات البحيرية :

في ضوء استقراء الأدلة الجيولوجية والجيومورفولوجية والأركيولوجية المتاحة، يمكن محاولة وضع تصور لنشأة منخفض البحرين الغربي وتشكيله على النحو التالي:

أثرت الحركات الأرضية التي أصابت الأجزاء الشمالية من مصر فيما بعد عصر الميوسين الأعلى فى تشكيل العديد من التراكيب الثانوية التى تتمثل فى الحوض التركيبي الذي يشغله منخفض البحرين الغربي، والصدع العادى ذو المحور الشرقي الغربي والواقع بالجانب الجنوبي للمنخفض، والشقوق والفواصل متعددة الاتجاهات.

وتعد عناصر البنية الجيولوجية فيما يتعلق بتباين التركيب الصخري من حيث تتابع أغطية سطحية واقية من طبقات صلبة شديدة المراس مع تكوينات رخوة متداعية، وكذلك التراكيب الثانوية التي صاحبتها بمثابة نقطة البدء من حيث النشأة والتشكيل وتلك حقيقة يتفق عليها معظم الجيومورفولوجيين (صلاح بحيري، 1979، 15 : 18).

وقد أسهمت عوامل التشكيل المختلفة وخاصة المياه الجارية في حفر المنخفض خلال الفترات الأكثر رطوبة التابعة للبلايوسين (الأعلى) والبليستوسين (الأسفل) والهولوسين (الأوسط)، وقد كان للمياه الجارية ثلاثة أوجه للتأثير، **أولها** : بداية تشكيل نظم جريان تابعة أولية مركزية التصريف، **وثانيها** : تشكيل المنخفضات الجنينية، والتي ما تلبث أن تتطور إلى منخفضات أكبر امتداداً وأكثر عمقاً، ويضاف نتاجها المذاب كمحلول أرضي من خلال الشقوق والفواصل، مما يسهم في تعميق المنخفض، **وثالثها** : تسرب المياه السطحية إلى باطن الأرض مما أسهم في تنشيط عمليتي النحت المحلولي والتقويض الينبوعي، الأمر الذي ينجم عنه تشكيل كهوف ومجارى باطنية ما تزال تتسع وتتشعب وتسترق سقوفها ثم تنهار، لتبدأ مرحلة جديدة من مراحل تعميق المنخفض.

ويمكن القول إن التجوية الميكانيكية ونحت الرياح واكتساحها للمفتتات كانت هى العمليات السائدة إبان الفترات الجافة التي أعقبت الفترات الأكثر رطوبة في تشكيل المكاشف الصخرية وإزالة الرواسب التي رسبت من ذي قبل لتكشف عن أسطح تحاتية جديدة، والتي تتمثل بقاياها في عدد من المدرجات الصخرية على جوانب المنخفض.

وبالاقتراب من مستوى الماء الباطني وظهور قاع المنخفض عند منسوب تراوح بين حوالي 25.5، 22.3 متراً أو أدنى من ذلك بقليل فوق سطح البحيرة الحالية، بدأت مياه الجريان السطحي تسهم في تشكل أول بحيرة شغلت قاع المنخفض، والتي ربما لم تعاصر الفترة الأكثر رطوبة إبان عصر البلايوسين (الأعلى)؛ إذ يعتقد الباحث أنه خلال تلك الفترة لم يكن المنخفض قد اكتمل تشكيله وتعميقه إلى المنسوب الذي شغلته البحيرة الأولى، وإنما كان ذلك إبان فترات الرطوبة خلال عصر البليستوسين، والذي تأكد خلاله _ لعدد من الباحثين _ حدوث فترات أكثر رطوبة متعاقبة مع فترات جافة بالعروض التى تشغلها الآن الصحارى المدارية (عبد الله الوليعي، 1988، 38 : 39؛ جودة ، 2000، 234 : 235؛ Huzayyin, S. , 1941, 59: 60; Holmes, A., 1984, 250: 251; Embabi, N., 1999, 39; Strahler, A., 1987, 371: 372).

وقد تناوبت على قاع المنخفض ست من الفترات البحيرية يفصل بينها ست فترات جافة، وقد أسهمت مجتمعه فى تعميق المنخفض؛ إذ ما تلبث أن تنقضي فترة مطيرة فيعقبها انخفاض فى مستوى سطح البحيرة التي تشكلت خلالها، ويرى بعض الباحثين أن انخفاض منسوب الماء الجوفي عن مناسيب قاع المنخفض – نتيجة للذبذبات في منسوب سطح البحر المتوسط الذي يغطي المخرج الشمالي لهذه المياه – يتيح الفرصة لتسرب المياه إلى اتجاهات سفلية، وهذا يسهم في انتقال بعض المواد المتحللة من قاع المنخفض باتجاه الماء الجوفي ومن ثم تعميق المنخفض (طه محمد جاد، 1991، 88).

وتباينت مساحات البحيرات وأحجامها التي شغلت قاع المنخفض تبعاً للخصائص الهيدرولوجية، والمناخية، وكذلك مساحة قاع المنخفض الآخذة في التناقص، وهي سمة من سمات

منخفضات الصحراء الغربية؛ حيث ترتبط بزيادة تشبع الطبقات الجيولوجية بالماء بمعدل واضح بالتعمق في باطن الأرض والاقتراب من المستوى الدائم للمياه الجوفية (صفي الدين أبو العز، 1966، 369)، وهذا ما أكدته قيمة معامل الهيئة الداخلية للحوض التي تشير إلى الشكل القمعي للمنخفض.

وأسهمت الفترات شبه الرطبة إبان عصر الهولوسين في تشكيل القشرة الجيرية فوق أسطح المدرجات الصخرية والبحيرية – على حد سواء – والتي انحسرت عنها المياه بشكل ملحوظ منذ أن بدأت ظروف الجفاف تحل بالمنطقة بعد حوالي 3000 ق.م (كارل بوتسر، 1979، 41) أو 2500 ق.م (جودة، 2002، 234: 235).

وقد فطن الرومان – الذين استقروا بالمنطقة في الفترة ما بين 100 ق.م و 100 ميلادية – إلى ارتفاع مستوى المياه الباطنية، وقاموا لذلك بدفن موتاهم في مقابر صخرية[1] ترتفع عن أعلى منسوب لأقدم بحيرة شغلت قاع المنخفض، ويشير عدد تلك المقابر إلى تواجد مجموعات بشرية بأعداد كبيرة تتعدى كونها لحراس الطرق الرومانية القديمة شمالي الصحراء الغربية (Fakhry, A., 1939, 609: 610؛ كريستون روجر، 1979، 195: 197).

وتشير نتائج الدراسة الميدانية إلى التدهور البيئي الناجم عن عمليات الردم الطبيعي للمسطح المائي للبحيرة الحالية بفعل الإرساب الهوائي خاصة من بحر الرمال العظيم، وفي ظل الموارد المائية السطحية المنعدمة ومعدلات التبخر المرتفعة، وربما ينتهي بها الحال للاختفاء وتحولها إلى مسطحات ملحية سبخية كما هو الحال في بحيرات الجوار ومنها بحيرات البحرين الشرقية ونويميسة والعرج.

---

(1) إحداثي نقطة بموضع المقابر الصخرية هي ″31 ′40 °28 شمالاً ، ″51 ′30 °26 شرقاً (المصدر: باستخدام جهاز G .P.S).

الخاتمة :

اتضح من الدراسة المورفولوجية للمدرجات البحيرية فوق قاع البحرين الغربي بهضبة مصر الغربية عدد من النتائج يمكن إجمالها فيما يلي:

- ***انخفض مستوى سطح المياه فى البحيرة التى شغلت قاع منخفض البحرين الغربى ست مرات، والذى تخلفت على أثره ست من المدرجات البحيرية التى تمت الاستعانة بها فى استقراء المساحات والأحجام المختلفة لتلك البحيرة خلال مراحل تطورها .***

- تنوع عوامل وعمليات تشكيل المدرجات البحيرية فوق قاع المنخفض ومرور ها بمراحل تطورية تبدأ منذ انحسار المياه عنها في شكل أسطح وواجهات واضحة المعالم تتناوب عليها عوامل التشكيل الخارجية، وذلك بإزالتها بفعل عمليات النحت المختلفة، أو ردمها أسفل غطاء المفتتات الناجم عن حركة المواد فوق المنحدرات، أو الرواسب الهوائية، أو قد تعلوها فى بعض المواضع قشرة كلسية رقيقة تحول بينها وبين عوامل وعمليات الهدم، ومن ثم فإنها تنهي دورتها التحاتية بإزالة معالمها بالنحت أو الردم بالإرساب.
- أوضحت الدراسة أهمية استخدام وسائل التحليل المجهرى والميكانيكى فى دراسة بيئات الترسيب القديمة، مع توخى الحذر عند الأخذ بنتائجها، وتدعيمها بالأدلة الجيومورفولوجية الحقلية.
- أن التشابه الكبير بين الخصائص الحجمية للرواسب البحيرية قد تكون فيه إشارة إلى تشابه الظروف البيئية التى عاصرت تكون المدرجات البحيرية بمنخفض البحرين الغربى.
- تزداد الظاهرات التى تتشكل فوق أسطح حبيبات الكوارتز وضوحاً وحدة وكثافة كلما كانت أحدث فى التشكيل، ويرجع مقدار التغير فى مظهر الحبيبة إلى علاقة الرواسب بالمياه الأرضية؛ ويرتبط مقدار التغير الذى يصيب حبيبات الكوارتز بدرجة كبيرة بمقدار الرطوبة الأرضية، إضافة إلى أن التدرج فى حجم الحبيبات الذى يؤثر هو الآخر فى مقدار هذا التباين؛ إذ أن الحبيبات الدقيقة أكثر قدرة على الاحتفاظ بالمياه من الحبيبات الخشنة.
- انتهت الدراسة إلى وجود اختلاف بين عدد الفترات البحيرية فوق قاع منخفض البحرين الغربى وغيرها من الفترات التي درست فوق قيعان المنخفضات المجاورة له والواقعة على دوائر عرض متقاربة (كمنخفض الفرافرة والعرج) أو التي درست فوق قيعان منخفضات تقع في أقصى جنوبي الصحراء الغربية بمصر (كمنخفض بئر صحراء وطرفاوي)؛ إذ أجمعت تلك الدراسات على أن هذا الاختلاف في تحديد عدد الفترات البحيرية لا ينسحب فقط على مستوى المقارنة بين المنخفضات، بل على مستوى توزيع رواسب الفترات البحيرية فوق قاع المنخفض الواحد، ويرجع ذلك – فى المقام الأول – إلى خصوصية السمات المناخية والهيدرولوجية والطبوغرافية التى تحيط بكل منخفض (ماجد شعلة، 2003؛ عويس الرشيدي، 2002، 128:94؛ بالدور جبريل، 1979، 26: 27؛ El-Ramly, I., 1966, 560; Wendorf, F., 1977, 230: 233; Embabi, N., 1999, 37: 39)

وتوصى الدراسة بضرورة تبني مشروع بحثي يكون من أهدافه استكمال الخريطة الجيومورفولوجية للظاهرات التي تخلفت عن أحداث الزمن الرابع بصحارى مصر، والتأكيد على عدم تعميم النتائج، مع الوضع فى الاعتبار خصوصية كل موضع نتم دراسته من قبل الباحثين في ضوء الظروف البيئية المحيطة به، ويقترح الباحث أن تتبنى الجمعية الجغرافية المصرية هذا المشروع، على غرار الدراسة الرائدة التي اشترك فيها نخبة من أساتذة جامعتي عين شمس وهلسنكي (Donner, J., et al., 1999) *والتنسيق فيما بين أقسام الجغرافيا بالجامعات المصرية وذلك بعقد الندوات واللقاءات العلمية للوقوف على ما استجد وما استحدث من نتائج ووسائل تخدم هذا الفرع من الدراسات الجغرافية.*

ملحق الصور

صورة (1أ) : بحيرة منخفض البحرين الغربى، ويلاحظ تدرج لون رواسب سطح السبخة وكثافة الغطاء النباتى بالاتجاه صوب المسطح المائى – ناظراً صوب الجنوب الغربى.

صورة (1ب) : إحدى البرك فى الجانب الشرقى للبحيرة، كما يظهر أعلى الصورة جزء من الحافة الجنوبية للمنخفض ومقدمات بحر الرمال العظيم – ناظراً صوب الجنوب.

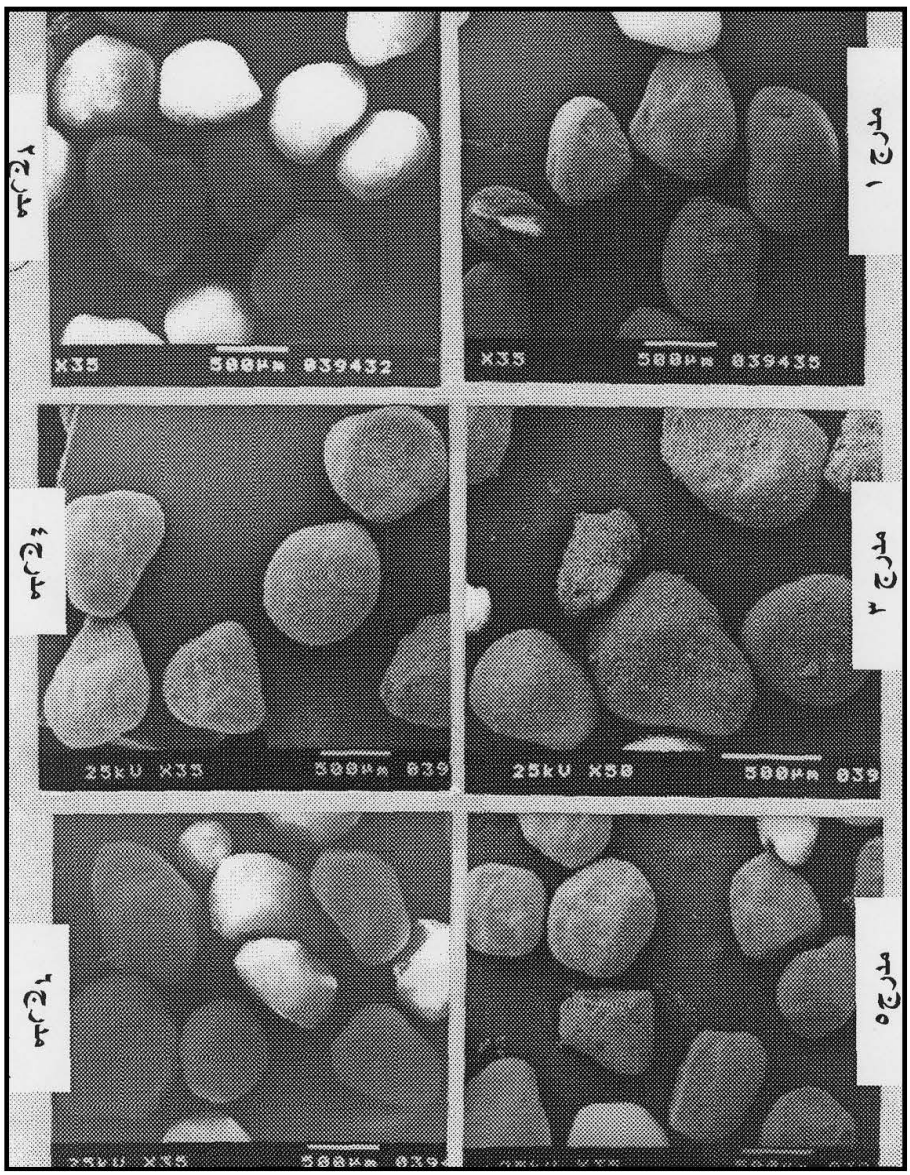
صورة (2) : مظلات صحراوية كلسية تعلو سطح الدرجة البنيوية الثالثة، ويظهر عند أسفلها جزء من سطح الدرجة البحيرية الأولى – ناظراً صوب الغرب.

صورة (3) : ثقوب الرياح بنطاق الدرجة البحيرية الأولى – ناظراً صوب الشمال الغربى.

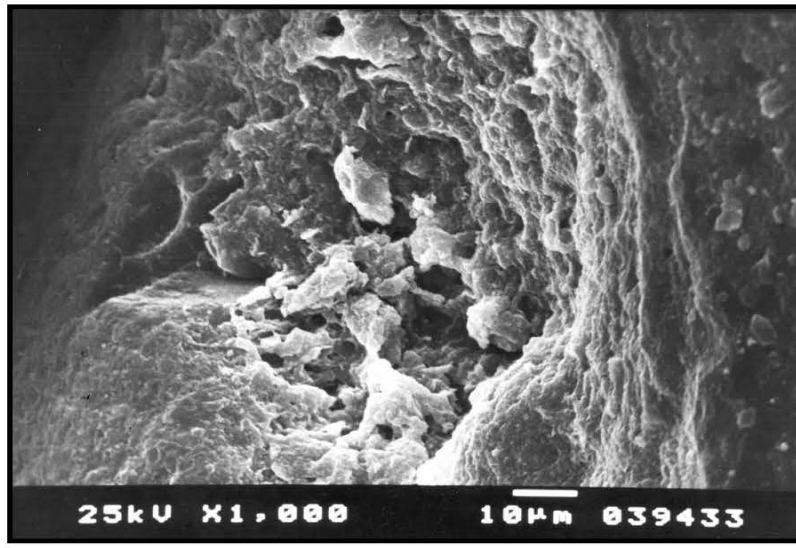
صـــورة (4) : شـــاهد وكتلة صخرية فى نطاق الدرجـة البحيريـة الأولـى – نـاظراً صـوب الشـمال الغربى.

صورة (7) : غطاءات رملية تغلق مداخل المقابر الصخرية – ناظراً صوب الشمال الغربى.

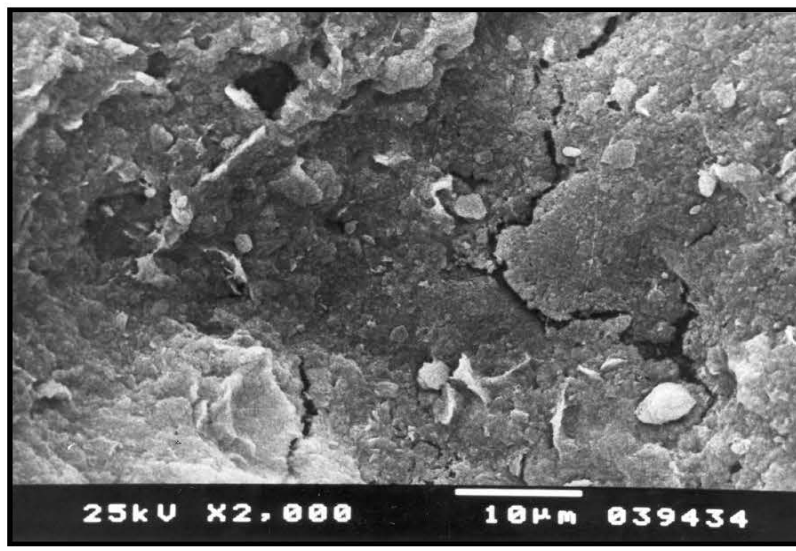
صورة (8) : التقويض السفلى لواجهة الدرجة البنيوية الثانية – ناظراً صوب الشرق.



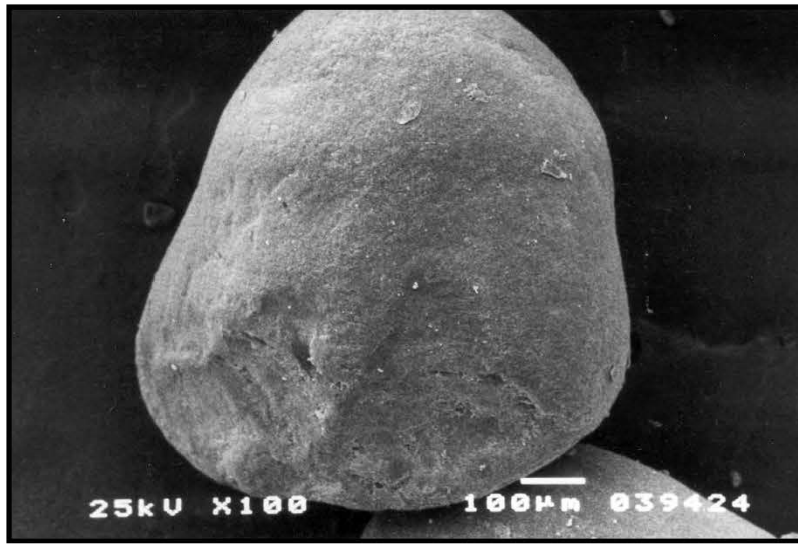
صورة (9) : حبيبات الكوارتز فى المدرجات البحيرية الستة (لاحظ استدارتها وتكورها).



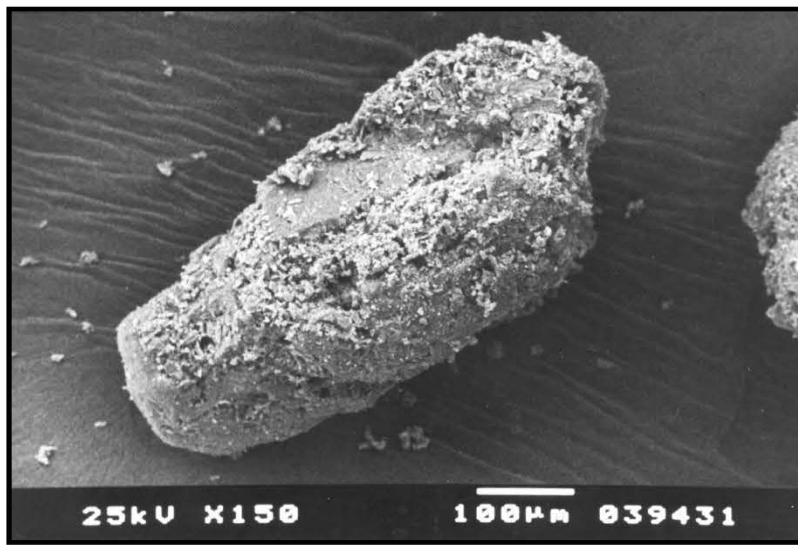
صورة (10) : تتابع من الدرجات القوسية (إلى يمين الصورة) ورواسب السيليكا شبه الحبيبية (وسط الصورة) وحفر على شكل حرف V إلى أعلى يمين الصورة – سطح حبيبة من رواسب المدرج البحيرى الثانى.



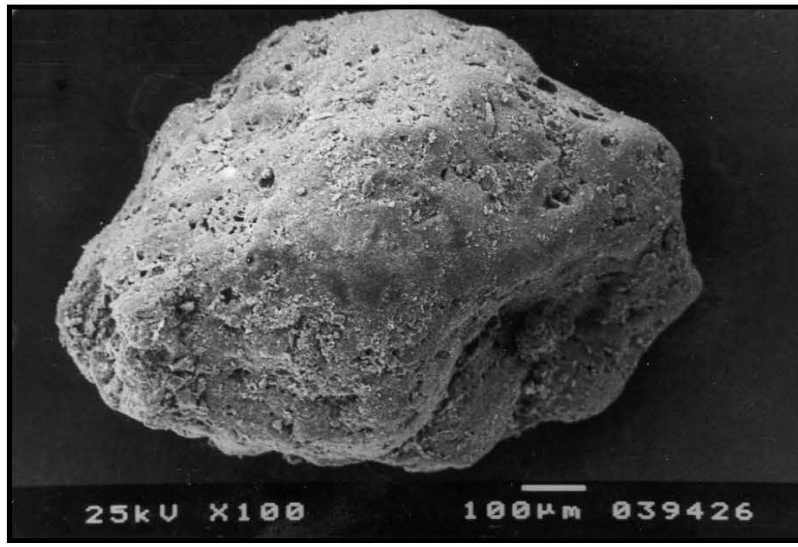
صورة (11) : مضلعات الفواصل ورواسب السيليكا شبه الحبيبية وحفر شبه دائرية – سطح حبيبة من رواسب المدرج البحيرى الثانى.



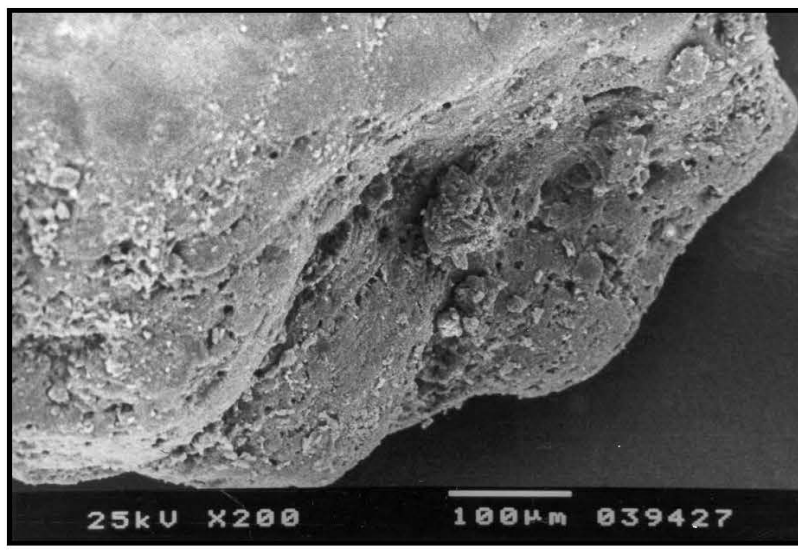
صورة (12) : حبيبة كوارتز ذات تضرس بسيط، ويظهر فى الجزء الأسفل منها منخفض ضحل شبه دائرى ويوجد فوق قاعه منخفضات طولية عميقة وحفر غير منتظمة، وحفر على شكل حرف V – المدرج البحيرى السادس.



صورة (13) : حبيبة كوارتز ذات نسيج صقيعى مموج يعلو سطحها غير منتظمة فوق قاع أحد المنخفضات الطولية – المدرج البحيرى الثالث.



صورة (14) : حبيبة ذات مظهر شديد التضرس، حيث يوجد حفر عميقة غير منتظمة ورواسب السيليكا المتآكلة ومنخفضات طولية ذات جوانب ملساء – المدرج البحيرى الرابع.



صورة (15) : جزء مكبر للحبيبة الموضحة بالصورة رقم (14) حيث تظهر المنخفضات الطولية والحفر غير المنتظمة ورواسب السيليكا المتآكلة.

المصادر والمراجع

أولاً : المصادر والمراجع باللغة العربية :

- أحمد عبد السلام على ومحمود محمد عاشور، 2000، التحليل المجهرى لرواسب الرمال فى شمال سيناء، المجلة الجغرافية العربية ، العدد 36، الجزء الثانى ، 33:58.

- إدارة المساحة العسكرية، 1985، أطلس مصر الطبوغرافي، مقياس رسم 1 : 250.000 لوحتي سيوة والبحرين.
- ـــ ، 1986 ، أطلس مصر الطبوغرافي ، مقياس رسم 1 : 100.000 لوحتي البحرين، قارة الديور .
- ـــ ، مشروع التصوير الجوي VV ASC MIO EAO ، مقياس 1 : 60000 ، الصور أرقام 1708 ، 1709 ، 1710 ، 1845 ، 1846 ، 1847 ، تصوير عام 1954 .
- بالدور جبرييل ، 1979 ، تحول الطبيعة والمناخ في الصحراء الكبرى – Klima – und Landschaft swandel der sahara ، ترجمة مكاييل محرز . المحررون : عماد الدين غانم وزملاؤه ضمن : الصحراء الكبرى ، الندوة العلمية العالمية للتجارة عبر الصحراء ، 26 : 38 ، طرابلس ، ليبيا .
- جودة حسنين جودة ، 2000 ، الجغرافيا الطبيعية للزمن الرابع " زمن الجليد والمطر " الطبعة الثالثة ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية.
- ـــ ، 2002 ، صحارى العرب ، دراسات في الجغرافيا الطبيعية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية.
- ـــ، 2003 ، الجيومورفولوجيا ، الطبعة الثانية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .
- صلاح الدين بحيري ، 1979 ، نحو تصنيف مورفولوجي لمنخفضات الصحراء ، نشرة وحدة البحث والترجمة لجامعة الكويت ، العدد 10 ، ص 47 .
- طه محمد جاد ، 1991 ، أضواء على التطور الجيمرفولوجي لمنخفضات الهضبة الغربية بمصر ، المجلة الجغرافية العربية ، العدد 23 ، 67 : 92 .
- عبد الله بن ناصر الوليعي ، 1988 ، تغيرات المناخ في المناطق الجافة ، دراسة حالة المملكة العربية السعودية ، الكتاب الجغرافي السنوي ، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية ، السنة الرابعة ، العدد الرابع ، 31 : 85 .
- علي حسن موسى ، 1989 ، مناخات العالم ، دار الفكر ، دمشق .
- عويس أحمد الرشيدي ، 2002 ، جيومورفولوجية البلايا : في منخفض الفرافرة بالصحراء الغربية ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة عين شمس .
- كارل ف . بوتسر ، 1979، تغيير الطبيعة في الصحراء الكبرى نتيجة العوامل الجوية Der Landschaft Swandel der sahara im Klimageschehen der Erde ترجمة، مكاييل محرز ، المحررون: عماد الدين غانم وزملاؤه، ضمن: الصحراء الكبرى، الندوة العلمية العالمية للتجارة عبر الصحراء، 39 : 42، طرابلس، ليبيا.
- كريستوف روجر، 1979، الرومان والصحراء الكبرى Die sahara und die römer ترجمة عماد الدين غانم، المحررون : عماد الدين غانم وزملاؤه ، ضمن : الصحراء الكبرى ، الندوة العلمية العالمية للتجارة عبر الصحراء ، 195 : 197 ، طرابلس ، ليبيا.
- ماجد محمد شعلة، 2003، جيومورفولوجية منخفض العرج – جنوب غربي منخفض القطارة، المجلة الجغرافية العربية، العدد 40، الجزء الثاني.
- محمد صفي الدين أبو العز، 1966، مورفولوجية الأراضي المصرية، الطبعة الأولى، دار النهضة العربية، القاهرة.
- محمد محمود طه، 2000، منخفضات الهضبة الجيرية فيما بين وادي النيل والخارجة، المجلة الجغرافية العربية، العدد 36، الجزء الثاني، 217 : 266.

ثانياً : المصادر والمراجع باللغة الإنجليزية :

- Baker, H., 1976: Environmental sensitivity of sub microscopic surface textures on Quartz Sand grains- Astatistical Evaluation, Jour. of Sedimentology Petrology, Vol. 46, No. 4, 871: 880.
- Boggs, S., 1987: Principles of Sedimentology and Stratigraphy, Macmillan publishing company, New York.
- Donner, J.; Ashour, M.; Embabi, N., and Sűriäinen, A., 1999: The Quaternary Geology of playa in Farafra, Western desert of Egypt, in: Donner, J., (ed.) Studies of playas in The Western desert of Egypt, Ann., Acad. Scientiarum. Fennicae, Geologica – Geographica, Vol. 160, Helsinki, 49-112.
- Douglas, L. & Platt, D, 1977: Surface Morphology of Quartz and Age of Soil, Soil SCI. AM. J., Vol. 41, 641: 645.
- El-Bassyony, A.A.,1993 : Introduction to The geology of Qattara depression, An international conference on The studies and achievements on Geosciences in Egypt, 5 – 8 April 1993, The Geol. Surv. of Egypt, special publication No, 69, Cairo.
- El-Ramly, I. M., 1966: New light of The origin of The Natural lakes South Qattara depression, Western desert, U.A.R, Desert institute , Cairo.
- El-Fishawy, N. & Molnar, B., 1984: Distinction of the NILE DELTA coastal environments by Scanning Electron Microscopy: A statistical Evaluation, Acta Mineralogica-Petrographica , Szeged, XXVI/2 ,247:259.
- Embabi, N.S, 1999 : Playas of The Western desert, Egypt, in : Donner, J., (ed.) Studies of playas in The Western desert of Egypt, Ann. Acad. Scientiarum, Fennicae, Geologica – Geographica, vol. 160, Helsinki, 5-47.
- Embabi, N.S., 1995: Types and pattern of sand dunes in Egypt, Bull. Soc. Geogr. D'Egypte, Vol. 68, 57 – 89.
- Fakhry, A., 1939: The Tombs of EL – Areg Oasis in The Libyan desert, Ann. Du service, Vol. 39, 609 – 619.
- Gardiner, V., 1975: Drainage Basin Morphometry, Brit. Geomorph. Research Group, Technical Bull.,Vol 14 , 1-49 .
- Golden Software. Inc, 1999: Surfer Version 7.00, Surface mapping system, Golden, Colorado, U.S.A.
- Holmes, A., 1984 : Principles of Physical Geology, Third edition, BAS printers Ltd. Over Wallop, Hampshire, Britain.
- Huzayyin, S.A., 1941: The Place of Egypt in Prehistory, Cairo.
- Krinsley, D. & Doornkamp, J.C., 1973: Atlas of Quartz sand surface texture,Cambridge,Univ.Press,London.
- Leeder, M. R., 1982 : Sedimentology, process and product, George Allen & Unwin Ltd; London.
- Mazzullo, J.; Sims, D. & Cummingham, D., 1986: The effects of Eolian sorting and abrasion upon the shapes of fine Quartz sand grains, Jour. of Sedimentology Petrology, Vol. 56, No. 1, 45: 56.
- Meteorological Authority, Climatological normal for The Arab Republic of Egypt up to 1975, Cairo.
- Moustafa, A.M., 1993: Pedological Studies and Computer Applications on Soil developed in deposits around lake IDKU, Ph.D Thesis, Fac. of Agri., Alex., Univ. Egypt.
- Nordstorm, C.E., 1972: Sedimentary history of central California shelf sand as revealed by Scanning Electronic Microscopy, Jour. of Sedimentary Petrology, Vol. 42, No. 3, 527: 536.

Philobbos, E.R.; Youssef, M. & Mansour, A., 1990: Facies and heavy minerals content of the sandstone of the NUBIA group, QENA-IDFU region, Eastern Desert, EGYPT. Jour. of The Mineralogical, Soc. EGYPT, Vol. 2, 103: 126.

Powers, S., 1953: Anew Roundness Scale for Sedimentary Particles, Jour. Sedimentary Petrology, Vol. 23, 117: 119.

Strahler, A., 1987: Modern Physical Geography, John Willy & Sons, Inc. Canada.

The Egyptian general petroleum corporation, 1986: Geological Map of Egypt, Scale 1:500.000, NH 35 SW, Siwa, Cairo, Egypt.

The Geol., Surv. & Mining Authority, 1998: Geological Map of Siwa, Scale 1: 250.000, Cairo, Egypt.

Wendorf, F., et al., 1977: Late Pleistocene and Recent Climate Changes in the Egyptian Sahara, Geogr. Jour., Vol. 143, part 2, 211-234.

* * *