الجمعية الجغرافية المصرية

التغيرات الجيومورفولوجية لسبخة الأصفر بالأحساء شرق المملكة العربية السعودية

د. محمد عبد الحليم حلمي نورالدين
أستاذ مساعد بكلية الآداب
جامعه كفر الشيخ

سلسلة بحوث جغرافية
العدد المائة والثالث والعشرون ــ ٢٠١٩

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: ١٩١١ - ١١١٠

الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: ٤٧٩٥ - ٢٦٨٢

كافة حقوق النشر محفوظة للجمعية الجغرافية المصرية
وجميع الآراء الواردة فى بحوث هذه السلسلة تعبر عن آراء أصحابها ولا تعبر بالضرورة عن وجهات نظر الجمعية الجغرافية المصرية

لا يسمح إطلاقا بترجمة هذا الكتاب إلى أية لغة أخرى، أو بإعادة إنتاج أو طبع أو نقل أو تخزين أى جزء منه، على أية أنظمة استرجاع بأى شكل أو بأى وسيلة، سواء اليكترونية أو ميكانيكية أو مغناطيسية أو غيرها من الوسائل، قبل الحصول على موافقة خطية مسبقة من الجمعية الجغرافية المصرية.

Copyright ® ٢٠١٨, Printed by Al-Resala Press, Tel.: ٠١٢٢٦٥٧٨٧٥٧ e-mail: gamal_elnady@yahoo.com

All rights reserved. This book is protected by copyright. No part of it may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from The Egyptian Geographical Society.

فهرس المحتويات

الموضــوع	صفحة
الملخص.	١١
المقدمة.	١٢
أهداف الدراسة.	١٤
موقع منطقة الدراسة.	١٤
مناهج الدراسة وأساليبها.	١٥
أولاً : الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة.	١٧
١) نشأت سبخة الأصفر وتطورها.	١٧
٢) مظاهر السطح.	١٩
٣) جيولوجية المنطقة.	٢١
٤) هيدرولوجية المنطقة.	٢٢
٥) مناخ المنطقة.	٢٣
ثانيا : المعاملات المورفومترية للسبخة.	٢٦
١) طول السبخة.	٢٦
٢) عرض السبخة.	٢٧
٣) محيط السبخة.	٢٧
٤) مساحة السبخة.	٢٨
٥) تطور خط الشاطئ للسبخة.	٢٩
٦) معاملات الشكل.	٢٩
ثالثا : الظاهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة.	٣٢
١) الكثبان الرملية.	٣٢
٢) الشواطئ الرملية.	٣٦
٣) المستنقعات النباتية.	٣٨

٤) الجزر.	٣٩
٥) الألسنة الرملية.	٤١
٦) النباك.	٤٣
٧) الموجات الرملية (النيم).	٤٤
٨) السياحات.	٤٧
٩) المسطحات الملحية.	٤٧
١٠) السبخات.	٤٩
رابعا : الأخطار الجيومورفولوجية وسبل تنمية السبخة.	**٥٠**
١) الأخطار الجيومورفولوجية.	٥٠
٢) أثر الاستخدامات البشرية على الأشكال الجيومورفولوجية.	٦٣
٣) تنمية السبخة.	٦٨
النتائج والتوصيات.	٧٣
المراجع.	٧٦

فهرس الجداول

م	عنوان الجدول	صفحة
١	معدلات التساقط والبخر المحتمل والعجز المائي بمنطقة السبخة.	٢٥
٢	المعاملات المورفومترية لأحواض السبخة عام ٢٠١٨م.	٢٧
٣	المعاملات المورفومترية للشكل في أحواض السبخة عام ٢٠١٨م.	٣٠
٤	نتائج القياسات الحقلية على أبعاد النباك.	٤٣
٥	الخصائص الكيميائية لمياه سبخة الأصفر عام ٢٠١٨م.	٥٤

فهرس الأشكال والخرائط

م	عنوان الشكل أو الخريطة	صفحة
١	موقع منطقة الدراسة.	١٣
٢	الخريطة الكنتورية لمنطقة سبخة الأصفر.	٢٠
٣	تغير خط الشاطئ البحيري في الحوض الغربي والأوسط.	٥٢

فهرس الصور الفوتوغرافية

م	عنوان الصورة	صفحة
١	الشاطئ في مناطق الكثبان شمال الحوض الغربي للسبخة.	٣٤
٢	يظهر شكل الممرات المائية بين حوض السبخة الغربي والأوسط.	٣٥
٣	الكثبان الرملية في الشاطئ الشمالي من الحوض الغربي في السبخة.	٣٥
٤	ردم الكثبان الرملية للمسطح المائي في الشاطئ الشمالي الغربي للحوض الشرقي للسبخة.	٣٦
٥	الشواطئ الرملية هينة الانحدار في الشاطئ الجنوبي للحوض الغربي للسبخة.	٣٧
٦	تغير الشاطئ الرملي في الشواطئ الجنوبية للحوض الشرقي للسبخة بسبب التبخر.	٣٧
٧	مساحات المستنقعات التي تغطيها النباتات في الحوض الغربي للسبخة.	٣٨
٨	المستنقعات النباتية في شمال الحوض الغربي للسبخة.	٣٩
٩	إحدى جذر الحوض الغربي للسبخة تمد بطول ٢٦٨.٥م ويبلغ متوسط عرضها نحو ٣٦.٢ م وتظهر النباتات على شواطئها.	٤٠
١٠	إحدى جزر الحوض الأوسط للسبخة وتمد بطول ٣٢٥.٢م ويبلغ متوسط عرضها نحو ١٦٥.٣م وتخلو شواطئها من النباتات.	٤١
١١	احد الألسنة الرملية في الحوض الغربي للسبخة.	٤٢
١٢	حقل نباك فوق كثبان الساحل الشمالي للحوض الغربي في السبخة وتظهر ذيول النباك اتجاه الرياح الشمالية السائدة بالمنطقة.	٤٤
١٣	أحد نباك الكثبان بالساحل الشمالي للحوض الغربي في سبخة الأصفر.	٤٥
١٤	النيم المنتظم الشكل.	٤٦
١٥	النيم غير المنتظم الشكل.	٤٦

١٦	السياحات في الساحل الجنوبي للحوض الشرقي في السبخة.	٤٨
١٧	المسطحات الملحية في الساحل الجنوبي الغربي للحوض الشرقي في السبخة.	٤٨
١٨	السبخات في الساحل الجنوبي الشرقي للحوض الغربي في السبخة.	٥٠
١٩	موقع إحدى أبراج كهرباء الضغط العالي المتأثر بالتجوية الملحية في الحوض الأوسط للسبخة.	٥٩
٢٠	اتجاه حركة الكثبان وردمها للأجزاء الشمالية من الحوض الأوسط للسبخة.	٦٢
٢١	ردم الكثبان الرملة لمسطح السبخة في الأجزاء الشمالية من الحوض الشرقي.	٦٢
٢٢	أثر حركة سيارات الدفع الرباعي على أراضي المسطحات الملحية في الأجزاء الجنوبية من الحوض الغربي للسبخة مما يغير من أنماط تطورها وإعادة ترتيب الاملاح بها بسبب مؤثرات حركة الأملاح.	٦٤
٢٣	أثر حركة سيارات الدفع الرباعي على أراضي السبخات في الأجزاء الجنوبية الغربية من الحوض الغربي للسبخة.	٦٤
٢٤	شكل أثر حركة سيارات الدفع الرباعي على الرمال بالمنطقة.	٦٥
٢٥	قناة الصرف الرئيسة D٢ التي تصب في سبخة الأصفر ويظهر حواجز خرسانية للتقليل من حركة التيار أثناء دخوله غلى القناة.	٦٨

الملخص

تقع سبخة الأصفر في الأحساء شرق المملكة العربية السعودية الي الشمال الغربي من مدينة الهفوف، وتمتد سبخة الأصفر بشكل غير منتظم من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي، حيث تقطعها الكثبان الرملية وتتداخل معها، والسبخة تشغل المسطحات المنخفضة من المنطقة ويطلق عليها أسم "بحيرة الأصفر"، ويهدف البحث لرصد التغيرات الجيومورفولوجية لسبخة الأصفر، وما يرتبط به من ظاهرات، وتحديد الخصائص المورفومترية لها، والتغيرات الحادثة لها، بالإضافة إلى رصد الظاهرات الجيومورفولوجية بها وما يحدث لها من تأثير وتأثر في تغيرات السبخة، ولتحقيق أهداف البحث تم دراسة الخصائص الطبيعية المميزة لمنطقة سبخة "بحيرة الأصفر"، والتي تضم دراسة: نشأتها وتطورها، ورصد مظاهر السطح بها، وجيولوجية المنطقة وهيدرولوجيتها ، والمناخ السائد بها، كما تم دراسة المعاملات المورفومترية للسبخة والتي تضم: الطول، والعرض، والمحيط، والمساحة، وتطور خط الشاطئ، بالإضافة إلى دراسة معاملات الشكل التي تشمل: معامل الاستطالة، والاستدارة، والشكل، والاندماج، كما تم رصد العديد من الظاهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة والتي تضم: الكثبان الرملية، والشواطئ الرملية، والمستنقعات النباتية، والجزر، والالسنة الرملية، والنباك، والسبخات، والمسطحات الملحية، والسياحات، والنيم، كما اهتم البحث بدراسة الأخطار الجيومورفولوجية المرتبطة بالسبخة من خلال تحديد أخطار: تغير حدود السبخة وتغير الخصائص الكيميائية لمياه السبخة والتجوية الملحية وزحف الرمال، واهتم البحث بدراسة أثر الاستخدامات البشرية على الأشكال الجيومورفولوجية والذي ضم أثر: حركة السيارات، واستخدامات الأرض، وتلوث مياه السبخة بمياه الصرف، ودرس البحث طرق التنمية للسبخة من خلال التنمية السياحية، والتنمية الزراعية، والإنتاج السمكي، والتنمية الصناعية، وخلص البحث إلى مجموعة من النتائج لعل أهمها أن الاستخدام المنظم لظاهرة السبخات بحيث نصل إلى مرحلة استثمار قوى الطبيعة لا الوقوف أمامها الذي يعرض الاستثمار الاقتصادي للأخطار، فلابد أن تُستثمر كل ظاهرة من الظاهرات الجيومورفولوجية في التنمية التي تكون هي مقوماً لها كاستخدام الشواطئ الرملية في التنمية السياحية فهو مكان ملائم لذلك، والبعد عن مناطق الأخطار الجيومورفولوجية مما يجعله استخداماً آمناً.

الكلمات المفتاحية : سبخة، الأصفر، ظاهرات، التغيرات الجيومورفولوجية.

المقدمة :

تعد التغيرات الجيومورفولوجية التي تتعرض لها سبخة الأصفر من المحددات الطبيعية لملامح المنطقة، حيث تحدث التغيرات من كل عام لأخر، وليس ذلك فحسب، فأنها تتغير من فصل الصيف إلى فصل الشتاء؛ لاختلاف كميات التبخر والتساقط التي تتعرض لها السبخة بالإضافة إلى المقننات المائية لمياه الصرف الزراعي التي تصرف في السبخة والتي تساعد في التغيرات الحادثة لها.

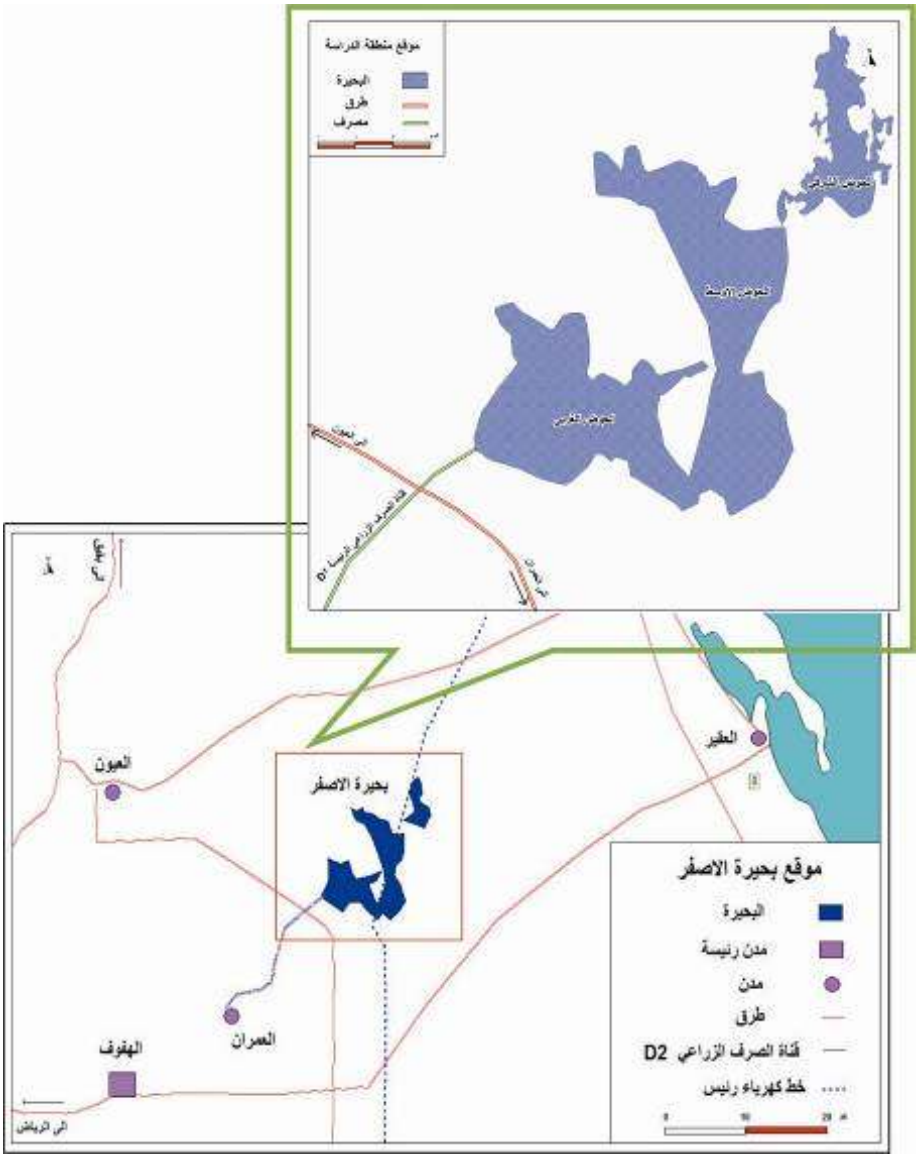
وتهدف الدراسة إلى رصد التغيرات الجيومورفولوجية للسبخة للوقوف على ما يحدث للظاهرات الجيومورفولوجيه بها من تغير وأثر ذلك على الأبعاد المورفومترية لها بما يؤثر بشكل مباشر على طبيعة المنطقة واستخدامها.

وتقع سبخة الأصفر في الأحساء شرق المملكة العربية السعودية الي الشمال الغربي من مدينة الهفوف – العاصمة الإدارية لمحافظة الأحساء – وإلى الجنوب الغربي لمدينة العيون وإلى الغرب من مدينة العمران، ويمر الي الشمال منها طريق العيون – العقير ويمر إلى الجنوب منها طريق الهفوف – العقير، ويمر إلى الغرب منها طريق الهفوف – العيون كما يظهر من الشكل (١).

وتمتد سبخة الأصفر بشكل غير منتظم من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي، حيث تقطعها الكثبان الرملية وتتداخل معها، والسبخة تشغل المسطحات المنخفضة من المنطقة والمتغيرة بشكل كبير إلا أن المنطقة الجنوبية الغربية منها – والتي تتصل بمجري الصرف الزراعي الرئيس الذي يصب في السبخة – هو أكثر المناطق من السبخة مقاومة للتغيرات؛ لكونه المصدر المائي الرئيس للسبخة الذي يمدها بالمياه صيفاً وشتاءً، ويأخذ هذا النطاق الشكل المثلث، قاعدته في الشمال الشرقي ورأسه إلى الجنوب الغربي مع التقاء المصب الرئيس للصرف الزراعي.

ويرجح أن يكون عمر هذه السبخة مئات السنين، وقد تكونت نتيجة تدفق مياه العيون الفائضة، واتصلت مع بعضها البعض لتكون مجرى نهري يسمى "مُحَلم" كما كتب الجغرافيون والرحالة من المسلمين عن الأنهار الجارية والبحيرات التي كونتها العيون المتدفقة في واحة الأحساء، حيث أشار الازهري في القرن الثالث الهجري إلى

وجود نهر في الاحساء يسمى قديماً نهر(مُحَلم) الذي كان يصب في السبخة مباشرة لكن قنوات الصرف العملاقة حلت بديلا عن مياه العيون في الوقت الحالي لتصب في السبخة أخيراً (النشوان، ١٤٣١هـ، ص ٢١).



المصدر: الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠ والمرئية الفضائية ٢٠١٨م.

شكل (١) : موقع منطقة الدراسة.

وتستقبل سبخة الأصفر مياهها من مياه الصرف الزراعي التي تتجمع من مصارف صغيرة حيث تسير لتتجمع في قناة رئيسة تصب نهايتيها في السبخة، بالإضافة إلى المياه المعالجة للصرف الصحي الصادرة من محطة المعالجة الرئيسة.

ونشأت سبخة الأصفر بعد اتصال مياه الصرف الزراعي، حيث كانت تعرف قديماً بسبخة ام حيشة، والتي تعد أصل نشأة السبخة التي تحولت بفعل مياه الصرف الزراعي إلى سبخة الأصفر، فهي في الأصل سبخة بحرية نشأت بعوامل نشأة السبخات، ثم تحولت إلى سبخة داخلية (قارية) ثم إلى سبخة حديثة بها مياه متدفقة وأطلق عليها محلياً اسم بحيرة الأصفر حالياً.

أهداف الدراسة :

تهدف الدراسة إلي رصد التغيرات الجيومورفولوجية لسبخة الأصفر، وما يرتبط به من ظاهرات، وتحديد الخصائص المورفومترية لها، والتغيرات الحادثة لها، بالإضافة إلى رصد الظاهرات الجيومورفولوجية بها وما يحدث لها من تأثير وتأثر في تغيرات السبخة، بالإضافة إلى تحديد العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة في التغيرات التي تحدث لها، والوقوف على الجوانب النفعية التطبيقية التي يمكن الاستفادة منها في تطوير السبخة بدون الإخلال بالتوازن الجيومورفولوجي لها.

موقع منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدراسة بين خطى طول ٣٠" ٢٨' ٤٩° و ٤٣' ٤٩° شرقاً، وبين دائرتي عرض ٢٥" ٢٢' ٢٥° و ١٠" ٣١' ٢٥° شمالاً، وتقع في منطقة رمال الجافورا، وتبتعد عن شرق مدينة العمران بنحو ١١.٥ كم، وتقع إلى الجنوب الغربي من مدينة العيون، وتبعد عنها بنحو ٢٠.٨٧ كم، وتبعد عن شرق مدينة الهفوف بنحو ٢٦.٦٥ كم كما يظهر من الشكل (١)، ويحدها شمالاً سبخة الحبيل، وتسمى صراة العيون الواقعة في مدينة العيون، ويحدها من الجنوب صحراء الجافورا وهي جزء من

الربع الخالي و من الشرق يحدها شاطئ العقير المطل علي الخليج العربي، ومن الغرب يحدها مدينة العمران و المنتزه الوطني بالأحساء.

مناهج الدراسة وأساليبها:

ستقوم الدراسة على عدة مناهج، وذلك لتحقيق أهداف الدراسة وهي:

١. **المنهج الإقليمي** : وتم الاعتماد عليه في توزيع الظاهرات الجيومورفولوجية المختلفة بمنطقة الدراسة كأقليم جيومورفولوجي قائم بذاته له ما يميزه عما يجاوره من مناطق أخرى، حيث أنها سبخة محددة المعالم من خلال ظاهرات جيومورفولوجية حديثة بالمنطقة.
٢. **المنهج التاريخي** : وتعتمد عليه الدراسة في رصد المراحل التاريخية لتطور السبخة، وتحويلها إلى سبخة بها مياه متدفقة، والتغير الحادث لها، وذلك من خلال تتبع الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية في فترات زمنية مختلفة، ورصد التغيرات الحادثة لها.
٣. **المنهج الموضوعي** : وذلك بدراسة سبخة الأصفر في واحة الاحساء من الناحية الموضوعية، كأحد دراسات الجغرافيا الاقتصادية، وتم ربط هذا الموضوع بعملية التنمية.

كما تعتمد الدراسة على عدة أساليب وهي:

١. **أسلوب الوصف التحليلي** : يظهر هذا الأسلوب في وصف وتحليل بعض الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بالأخطار، كما اعتمدت الدراسة علية في تجميع البيانات والمعلومات الحقلية بجانب النتائج المستخلصة من جراء تحليل صور الأقمار الصناعية.
٢. **الأسلوب الكمي** : ستقوم بتحليل البيانات الناتج من القياسات المورفومترية للسبخة والتغيرات الحادة لها.
٣. **الأسلوب الكارتوجرافي** : الذي استخدم في البحث لإخراج البيانات في شكل خرائط، وعرض القياسات التي تمت على سبخة الأصفر والتغيرات التي تعرضت لها.

٤. **الأسلوب الميداني** : وذلك في رصد وتحديد الظاهرات الجيومورفولوجية وتسجيل ذلك، بالإضافة إلى إجراء القياسات المورفومترية للظاهرات الجيومورفولوجية من خلال الاستعانة بمجموعة من الأدوات الميدانية.

واعتمدت الدراسة على مجموعه من الأدوات والوسائل التالية :

١- **الخرائط** : ذات المقاسات المختلفة، مثل: الخريطة الطبوغرافية في واحة الاحساء مقياس ١:٥٠.٠٠٠ و ١:٢٥٠.٠٠٠ و ١:٥٠٠.٠٠٠ بتواريخ مختلفة، بالإضافة إلى الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة للتعرف على خصائص منطقة الدراسة، وتهدف إلى توزيع الظاهرات، كذلك التعرف على السمات العامة لطبوغرافية السطح.

٢- **المرئيات الفضائية** : حيث تم الاعتماد على المرئيات الفضائية من نوع ETM لعام ٢٠١٨م ومرئيات TM لعامي ١٩٨٧-٢٠٠٤م من القمر الصناعي لاندسات، التي تقدم صوراً للوضع الراهن لسبخة الأصفر في واحة الاحساء والتغيرات التي حدثت لها، حيث تم معالجة وتحليل المرئيات الفضائية وإجراء مجموعه جديدة من المعالجة في مقدمتها حساب حجم وأطوال سبخة "بحيرة الأصفر" وأعماقها.

٣- **البيانات والتقارير المنشورة من الهيئات الحكومية** التي تناولت وضع سبخة الأصفر ثم إدخالها إلى الحاسب الآلي في إجراء التحليلات الكمية والرسوم البيانية، ودعم الدراسات الجيومورفولوجية باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد؛ لرصد التغيرات الحادثة للسبخة.

ولتحقيق أهداف الدراسة سوف تهتم الدراسة بتناول العناصر الرئيسة التالية :

أولاً: الخصائص الطبيعية لسبخة الأصفر.

ثانياً: المعاملات المورفومترية لسبخة الأصفر.

ثالثاً: الظاهرات الجيومورفولوجية بسبخة الأصفر.

رابعاً: الأخطار الجيومورفولوجية وسبل تنمية سبخة الأصفر.

وفيما يلي سيتم عرض كل منها على حدة :

أولاً – الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة :

تشترك مجموعه من العوامل لتعطي للمنطقة خصائصها الطبيعية المميزة لمنطقة الأحساء بشكل عام، ولمنطقة سبخة "بحيرة الأصفر" بشكل خاص، والتي تضم دراسة لها وتطورها ورصد مظاهر السطح وجيولوجية وهيدرولوجية المنطقة بالإضافة إلى المناخ السائد بها وفيما يلي عرض لكل منها:

١) نشأت سبخة الأصفر وتطورها :

نشأت منطقة سبخة الأصفر في بداية تكوينها على شكل سبخة من النوع الداخلي (أصلها بحري)، وكان يطلق عليها سبخة أم حيشة حيث تم رصدها في العديد من الخرائط القديمة لمنطقة الدراسة وكانت عبارة عن سبخة بحرية، انقطعت صلتها الهيدرولوجية بالبحر، لتتحول إلى سبخة قارية ارتبطت بهيدرولوجية العيون المتدفقة قديماً بواحة الأحساء، فتدفق مياه العيون الفائضة واتصالها مع بعضها البعض كونت مجرى نهري قديم اطلق علية اسم نهر "مُحَلم"، كما كتب الجغرافيون والرحالة من المسلمين عن الأنهار الجارية والبحيرات التي كونتها العيون المتدفقة في واحة الاحساء، حيث اشار الازهري في القرن الثالث الهجري إلى وجودها.

وبدراسة تطور نشأه السبخة، نجد أنها تأثرت بطغيان البحري في أواسط الميوسين، وتراجعه ثم طغيانه مرة اخري في عصر البلايوسين الأعلى، حيث تسبب الطغيان الأخير في نشأة الحافة الشرقية لهضبة الصمان، حيث تم رصد تواجد أثار التقدم البحري في منطقة الأحساء على ارتفاع ١٥٠م فوق منسوب سطح البحر الحالي، من خلال وجود أشكال النحت البحري التي تؤكد أن حافة هضبة الصمان هي خط طويل من الجروف التي تسبب بها طغيان البحر خلال البلايوسين، أي أن مستوى سطح البحر خلال البلايوسين كان أعلى بنحو ١٥٠م مما علية حالياً مما يؤكد أن السباخ الكثيرة التي تقع على ارتفاع ١٥٠م "ومنها سبخة أم حيشة " كانت

في الأصل سباخ ساحلية تحولت إلى سباخ داخلية بعد استقرار منسوب سطح مياه الخليج على منسوبها الحالي (Glennie, ١٩٧٠, p. ٢٨).

وفي البلاستوسين نجحت السبخة في إعادة تشكيل المنطقة ذات الكثبان الرملية، حيث تشتق معادنها التبخرية من تركز الماء الباطني عن طريق التبخر، وتدفق المياه الجوفية خلال طبقاتها العميقة المنفذة إلى التكوينات التي تقع عليها السبخة ثم ترتفع المياه إلى السطح، لتحل محل المياه القادمة من العيون، والمياه الجوفية المتبخرة من السبخة. ويسود في السباخ القارية الرمال المنقولة بواسطة الرياح، والعوامل الرياحية الأخرى المسؤولة عن نقل حبيبات المعادن من السبخة وإليها (Akili & Torrance, ١٩٨١, p. ٦٣).

وكانت السبخة تحتوي على مواد كربونية قليلة، اشتقت من تعرية منكشفات الصخور الكربونية المجاورة، ويعد الجبس والأنهايدريت أكثر المعادن انتشاراً بها، وتلتحم مع رمال ذات حبيبات ناعمة، وملتحمة بواسطة الملح الصخري (الهاليت) والجبس (الوليعي، ١٤١٥هـ، ص ٣٢٠).

وتغير نمط سبخة أم حيشة من كونها سبخة ساحلية، ثم إلى سبخة قارية تعمل بديناميكية السبخات، ثم إلى سبخة تحمل اسم "بحيرة الأصفر" حالياً، وذلك بعد أيصال مياه الصرف الزراعي إليها، وذلك أثناء إنشاء مشروع الري بالأحساء حيث يتم تجميع مياه الصرف الزراعي من قبل ١٦٤١ قناة مفتوحة الجانب، ذات أعماق حوالي ١ متر حيث تتدفق مياه الصرف التى يتم تجميعها في القطاع الشرقي من المشروع في الخطوط الفرعية إلى ثلاث قنوات تصريف رئيسة ترتبط بالقنوات الفرعية، لتتدفق المياه المجمعة في هذا المصرف الرئيس نحو سبخة الأصفر.

وتمتد تلك القناة الرئيسة التي تحمل صرف D٢ إلي مسافة ١٣ كم من واحة الأحساء إلى الشرق، حتى تتصل بسبخة الأصفر لتصب مياهها فيها، وتبقى المياه في السبخة خلال فصل الشتاء؛ لاستخدامها في تزويد المواشي بمياه الشرب، ولتغذية المياه الجوفية، وتتجمع فيها مياه الأمطار التي هي بطبيعتها قليلة، حتي ترتفع درجات الحرارة في المنطقة أثناء الصيف؛ مما يرفع معدلات التبخر بالسبخة، وتتغير الميزانية المائية فيها من فصل الشتاء الذي تمتلئ فيه السبخة بالمياه إلى فصل

الصيف، حيث تقل كميات المياه بها بشكل كبير بسبب التبخر، حتي أنها يطلق عليها بحيرة تبخيريه؛ لزيادة نسبة التبخر بها.

وبتتبع تطور نشأه السبخة نجد أنها كانت سبخة قارية تحولت إلى سبخة تبخيريه لمياه الصرف الزراعي بالمنطقة، مما يؤدي إلى حدوث تغيرات ملحوظة في حدود السبخة فصلياً ومن عام لأخر، فهي تجمع بين خصائص السبخات والبحيرات وبيئة كل منهما، بالإضافة إلى أنها تقع في مناطق الكثبان الرملية التي تحيط بها من جهات متعددة، والتي تعتبر امتداداً لرمال حقل الجافورا شرق المنطقة.

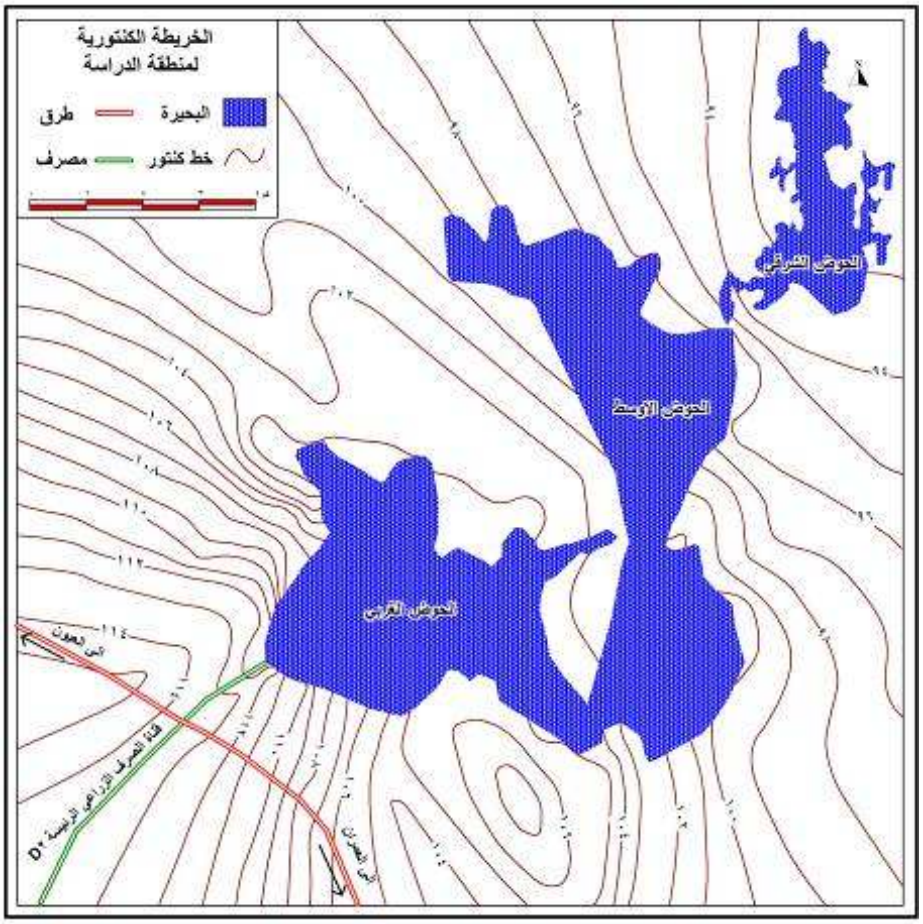
٢) مظاهر السطح :

يشغل سطح منطقة الدراسة المنحدرات الهينة فأغلب سمات السطح هي الاستواء الذي يتراوح ما بين أعلي الأماكن ارتفاعاً، والتي تبلغ ١١٢متراً فوق منسوب سطح البحر في الجانب الجنوبي الغربي، وأقل منسوب بها بلغ ٩٤ متراً في الشمال الغربي كما يظهر من الخريطة الكنتورية (شكل ٢)، وتشغل سبخة الأصفر المناطق المنخفضة في تلك المناطق.

وبرصد أعماق المياه في السبخة التي تتراوح ما بين عمق ١: ٥ م، وتسود النطاقات العميقة في السبخة في النطاق الجنوبي الغربي، أما المناطق الشمالية فهي أقل عمقاً بالمقارنة بباقي مسطحات السبخة.

والسمة الغالبة لمظاهر سطح الأرض بمنطقة السبخة، وجود الكثبان الرملية التي تظهر بينها مساحات سبخية منخفضة، تتميز بارتفاع نسبة السلت والطين والرطوبة، فضلاً على الأملاح، كما تنشط عمليات إرساب الرمال التي تحركها الرياح الشمالية التي تأتي من حقل الرمال الكبير المجاور لكتلتي بريقه إلى الغرب من السبخة.

ويظهر سطح السبخة في شكل مسطح مائي ضخم، يمتد وسط الكثبان الرملية والأراضي المستوية الأكثر ارتفاعاً من السبخة، فهي تعد أكبر تجمع مائي شرق الأحساء حيث تمتد بمساحة بلغت ٤١.١٣ كم٢.



المصدر: نموذج الارتفاعات الرقمي عام ٢٠١٨.

شكل (٢) : الخريطة الكنتورية لمنطقة سبخة الأصفر.

ويتكون مسطح السبخة من ثلاثة أحواض رئيسة يمكن تمييزهم بوضوح؛ بسبب تقطعها بالكثبان الرملية، فيظهر الحوض الأول وهو الغربي وهو أكبر أحوض السبخة امتداداً، ويأخذ الشكل المثلث، رأسه في الغرب عند مصب القناة الرئيسة للمياه الصرف، وقاعدته في الشرق، لتصل بالحوض الثاني وهو الأوسط للسبخة الذي يتسم بالامتداد الطولي من الشمال نحو الجنوب ويتصل بالحوض الغربي للسبخة من الوسط والجنوب، أما الحوض الثالث للسبخة فيقع نحو الشرق ويأخذ امتداداً من الشمال نحو الجنوب، ويتصل بالحوض الأوسط من الناحية الجنوبية له كما يظهر

من الشكل (٢)، وهو حوض متغير بشكل كبير؛ لارتفاع نسبة التبخرات به ونقص كمية المياه المتدفقة إليه؛ لبعده عن الحوض الغربي الذي يتصل بشكل مباشر بقناة الصرف الرئيسة.

وتنمو حول السبخة النباتات الصحراوية المختلفة، منها الحشائش والنباتات الملحية المرتبطة بسطح السبخات الموجودة بالمنطقة (الوحيمد، ١٤٣٤هـ، ص ٨٢)، وكذلك تحتوي على نباتات ملحية لديها القدرة على تحمل الملوحة العالية كالرغل، والسويداء، والشنان، والطرفاء، والهرم، والثمام، والعكرش، والعقربان، وهو من أكثر أنواع الحشائش انتشاراً وظهوراً في أجزاء المنطقة، ونباتات السرخس؛ مما يجعلها مرتعاً للكثير من الطيور المحلية (الطاهر، ١٩٩٩م، ص ١٥٦).

٣) جيولوجية المنطقة :

بدراسة جيولوجية منطقة السبخة تحت السطحية، نجد أن رواسب النيوجين التي تكونت في عصر الميوسين والبليوسين هي السائدة بالتكوينات تحت السطحية، والتي تغطيها رواسب الرباعي، والممثلة في الكثبان الرملية السائدة سطحياً بالمنطقة، بالإضافة إلى الطبقات التبخيرية والسبخة، وهي سمه التكوينات السطحية بمنطقة الدراسة.

ويصل سمك مجموعة النيوجين بالمنطقة إلى حوالي ٢٢٥ م، ويمكن تقسيمها إلى ثلاث وحدات من أعلى إلى أسفل هي: (طبقة الهفوف–طبقة اللدام–طبقة الهيدروخ)، وتعتبر وحدة حجر اللدام الجيري المعروفة محلياً بالجبل حاوية للمياه الجوفية التي تُعد مصدرًا للآبار والعيون بالمنطقة، كما يقع جنوب السبخة منطقة صرف كارستية متطورة ومتصلة تغذي واحة الأحساء بمعظم المياه المرشحة إلى تكوين النيوجين من الأمطار والمياه السطحية المرشحة من السبخة (الكويتي وسيد أحمد، ٢٠٠٣، ص ٦).

ويقع إلى الشمال من منطقة السبخة، تكوينات الهيدروخ المتكونة من الرمل والحجر الجيري والمارل، وهي طبقات حاوية للمياه في شمال منطقة الدراسة، أما

تكوين الهفوف فيتكون من الطين والرمل والجير، وهي طبقة قليلة السمك، وقليلة الاحتواء على المياه الجوفية بالمقارنة بالطبقتين السابقتين.

والتكوينات الثلاث السابقة تتبع الزمن الثالث وهي تعود إلى عصري الميوسين والبلايوسين، وتظهر سطحياً في الكتل الجبلية المحيطة بالمنطقة، وتختفي تحت تكوينات الزمن الرابع الأحدث التي تعلوها، وتتكون من صخور الحجر الجيري، والرملي والمارل الرملي والطفل الجيري فضلاً عن الكونجلومرأيت والصوان والمتحجرات البحرية، بالإضافة إلى الطباشير والغرين (الوليعي،١٤١٥هـ، ص١٠٤) وهي المكونات الأساسية لأرض السبخة القديمة "ام حيشة " وقاع السبخة الحديثة التي يطلق عليها اسم " بحيرة الأصفر".

٤) هيدرولوجية المنطقة :

تأثرت هيدرولوجية السبخة بالتغيرات التي مرت بها المنطقة، وذلك لتأثيرها على التدفقات المائية في السبخة، وحركة التيارات المائية المنصرفة إليها من القناة الرئيسة للصرف، التي تتصل بالسبخة في حوضها الغربي، والتي كان لها أكبر الأثر حديثاً في مائية السبخة، والذي انعكس على التوزان المائي للسبخة بطريقة مباشرة.

وتتنوع مصادر المياه في السبخة من خلال تدفق مياه العيون إليها خلال فترات زمنية قديمة، والمياه البحرية أثناء فترة طغيان البحر خلال عصر البلايوسين، مما أدى إلى تداخل مصادر المياه في السبخة قديماً وحديثاً من مياه بحرية أثناء كونها سبخة ساحلية، ثم مياه العيون أثناء كونها سبخة قارية، ثم مياه الصرف الزراعي أثناء كونها سبخة بشكلها الحالي، بالإضافة إلى مياه الأمطار التي تتسم بندرتها، مع الوضع في الاعتبار كميات الفاقد التي تفقدها السبخة بسبب البخر في فترة فصل الصيف؛ بسبب ارتفاع درجة الحرارة، بالإضافة إلى ما يتسرب إلى المياه الجوفية من خلال طبيعة التكوينات الجيولوجية لقاع السبخة، مما أثر علي هيدرولوجية السبخة بشكل كبير.

ويعد العامل البشري من أكبر المؤثرات التي ساهمت في تشكيل هيدرولوجية السبخة في الوقت الحالي، من خلال إنشاء قناة الصرف الرئيسة التي تصب مياه الصرف الزراعي إلى السبخة بكميات بلغت ٢٧.٨ مليون م٣/سنة، مما أسهم بشكل كبير في التغيرات الهيدرولوجية للسبخة.

كما ساعدت العوامل الطبيعية والمتمثلة في طبيعة التكوينات وخاصة تكوين الدمام الذي أدى إلى وجود اتصال وتبادل الرشح المائي بين المياه السطحية للسبخة، والمياه الجوفية للطبقات الحاوية لها، مما ساهم في تغيرات مستوى الماء، والتحليل الكيمائي، والأيزوتوبية، ودرجات حرارة المياه، التي تدل على أن كمية من المياه ترتفع بالرشح إلى أعلى من تكوين أم الرضمة إلى تكوين النيوجين (الكويتي وسيد أحمد، ٢٠٠٣، ص ٨).

ووجود السبخة وسط الكثبان الرملية التي تتبع رمال الجافورا أدى إلى جعلها مصيدة لمياه الأمطار التي تتجمع من خلالها إلى أقل نقطة منسوب، والتي تتمثل في السبخة كما أن طبيعة المناخ السائد بالمنطقة والذي يوصف بالحرارة الشديدة و الجفاف في فصل الصيف، مما أسهم بشكل كبير في زيادة معدلات التبخر في السبخة، مما يجعل عمليات الفقد المائي للسبخة كبيراً سواءً بسبب التسرب إلى الخزان الجوفي أو بعمليات التبخر، مما يعرضها للجفاف في فترات الصيف، مما يسهم في التغيرات الحادثة للسبخة بشكل كبير، سواءً في تغير سواحلها وامتداد مساحتها التي تتغير بشكل كبير، وخاصة في الحوض الشرقي الذي يبتعد عن مصب القناة الرئيسة للصرف، أما الحوض الغربي فهو أكثر استقراراً لتزويده الدائم بمياه الصرف الزراعي.

٥) مناخ المنطقة :

تتسم خصائص المناخ بمنطقة الدراسة بوجود فصل صيف طويل شديد الحرارة والجفاف، وشتاء دافئ إلى بارد وهو طويل أيضاً، ويتميز بسقوط القليل من الأمطار، بينما يمر فصل الربيع والخريف بسرعة بوصفهما فصلين انتقالين قصيرين، وذلك من رصد العناصر المناخية بالاستعانة بأقرب المحطات لمنطقة السبخة وهي محطة

مطار الهفوف، فمن خلال بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة وتحليلها أمكن تحديد خصائص مناخ المنطقة فيما يلي:

- يبلغ المتوسط السنوي لدرجات الحرارة نحو ٢٦.٣°م وترتفع لأعلي درجة حرارة في شهر يوليو لتبلغ ٣٥.٢°م، وتقل إلى أقل معدل لها في شهر يناير فتبلغ ١٣.٨°م فيبلغ المدي الحراري السنوي ٢١.٤°م.
- وبرصد بعض قراءات درجات الحرارة، نجد أنها تقترب من ٥٠°م في فصل الصيف في الظل، وتقل بعض الرصدات في فصل الشتاء إلى -٤°م الأمر الذي يدل على القارية القاسية للمنطقة.
- وبدراسة الرطوبة النسبية نجد أنها ترتفع في فصل الشتاء؛ بسبب انخفاض درجات الحرارة فتصل إلى ٨٣.٥% في شهر يناير، أما في فصل الصيف فتهبط معدلات الرطوبة النسبية بسبب ارتفاع درجات الحرارة وتصل إلى أقل قيمة لها في شهر يوليو فتصل إلى ١٥.٣%، وتشير تلك المعدلات إلى حدوث عمليات تبخر عالية من السبخة في فصل الصيف؛ بسبب ارتفاع درجة الحرارة وقلة معدلات الرطوبة، فتعد الحرارة والرطوبة من العناصر المناخية التي تؤثر بشكل كبير في مائية السبخة؛ نظراً لارتفاع معدلاتها.
- أما بالنسبة للأمطار فتمد السبخة بالمياه، ولكن بكميات قليلة، وفي فترات قليلة خلال العام، فتبلغ كمية الأمطار السنوية بالمنطقة نحو ٧٣.٨ مم، وهي أمطار شتوية إعصارية تكون في شكل رخات سريعة وثقيلة، فقد تصل إلى ٤٧.٢ مم في اليوم، وتبلغ أعلى معدل لها في شهر يناير فتصل إلى ٢٠.٢ مم، بينما ينعدم سقوط الأمطار في أشهر فصل الصيف.
- وبحساب البخر المحتمل سنوياً نجد أنه بلغ ٣٤٧٠ مم، ويبلغ أعلي قيمة له في فصل الصيف، وبمقارنة كميات الأمطار الساقطة مع البخر المحتمل نجد أن الفجوة كبيرة جداً، مما يظهر السمات الصحراوية التي تقع فيها السبخة، والتي تساعد على جفاف السبخة وخصوصاً في حوضها الشرقي، بالمقارنة بالحوض الغربي الذي تمده مياه الصرف الزراعي المعالجة بالمياه بشكل دائم طول العام، حيث نجد متوسط عجز مائي سنوي أكثر من ٣٣٩٠ مم كما يظهر من الجدول (١).

جدول (١) : معدلات التساقط والبخر المحتمل والعجز المائي بمنطقة السبخة.

المعامل/ الفصل	فصل الصيف	فصل الربيع	فصل الشتاء	فصل الخريف	المعدل السنوي
الأمطار (مم)	٠	٣٧	٣٨	٤	٧٩
البخر المتوقع (مم)	١٤١٠	٩٤٠	٣٩٠	٧٣٠	٣٤٧٠
العجز المائي(مم)	١٤١٠	٩٠٣	٣٥٢	٧٢٦	٣٣٩١

المصدر: هيئة الأرصاد وحماية البيئة السعودية، بيانات منشورة خلال المدة ١٩٨٥/٢٠١٦م.

- وبدراسة خصائص الرياح بمنطقة الدراسة، نجد أن الرياح السائدة خلال شهور السنة هي الرياح الشمالية، اذ يبلغ معدل هبوبها السنوي ٥٠% من إجمالي اتجاهات الرياح بالمنطقة، وخصوصاً في فصل الشتاء، وتصل إلى ٥٦% خلال فصل الصيف، وتصل إلى ذروتها في شهر أغسطس فتبلغ ٧٢%، بينما تقل إلى أقل معدل لها في فصلي الربيع والخريف فتبلغ الرياح الشمالية نحو ٤٠%.
- وتأتي الرياح الجنوبية في الترتيب بعد الرياح الشمالية، حيث تمثل نحو ١٤% من إجمالي الرياح بالمنطقة، وتصل ذروتها في فصل الربيع والخريف فتبلغ ٢٣%، بينما تصل نسبتها إلى ٥% في فصل الصيف.
- وبدراسة سرعة الرياح السائدة بالمنطقة، نجد أن متوسط سرعة الرياح السنوي بالمنطقة يبلغ ٩.٤ كم/ساعة، وتصل أقصى سرعة للرياح نحو ١٤ كم/ساعة في فصل الشتاء، وتقل إلى ١١.٤ كم/ساعة في فصل الصيف، كما تظهر عواصف تحمل كميات كبيرة من الرمال والأتربة التي تحجب الرؤية؛ بسبب توافر كميات من رمال الجافورا بمنطقة لسبخة، وتثيرها عملية التسخين لسطح الكثبان، مما ينتج عنها تيارات هوائية صاعدة تثير الرمال والأتربة المذراة، وتحدث تلك العواصف في الفترات الأولي من فصل الصيف، وكذلك في شهر مارس وحتى أغسطس.

مما سبق نجد أنه تعاونت مجموعة من الخصائص الطبيعية التي أعطت للسبخة خصائص مميزة لها أثرت في التغيرات الحادثة للسبخة بشكل كبير لكونها

منطقة صحراوية جافة شديدة الحرارة مما أثر في ظاهراتها الجيومورفولوجية، وخاصة المرتبطة بخط الشاطئ البحيري، وخاصة في الحوض الشرقي والأوسط للسبخة.

ثانيا – المعاملات المورفومترية للسبخة :

ستتناول الدراسة للمعاملات المورفومترية في السبخة كل من: الطول، والعرض، والمحيط، والمساحة، وتطور خط الشاطئ، بالإضافة إلى دراسة معاملات الشكل التي تشمل: معامل الاستطالة، والاستدارة، والشكل، والاندماج، وما حدث فيها من تغيرات خلال الفترات الزمنية المختلفة؛ حتى نتعرف على سمات السبخة الشكلية، وما حدث لها من تغيرات أثرت في تلك الخصائص الشكلية.

وفيما يلي دراسة للخصائص المورفولوجية للسبخة، حيث سيتم تقسيمها إلى ثلاثة أحواض (الشرقي – الأوسط – الغربي)، فالجسم المائي الأصلي للسبخة تفصله الكثبان الرملية إلى الأحواض الثلاث التي تتصل مع بعضها البعض من خلال قنوات مدية للمياه، ويتغير عرضها من شهر إلى آخر حسب كمية المياه المتدفقة إلى السبخة وكمية التبخر، وسوف يتم دراسة الخصائص التالية:

١) طول السبخة :

يمكن حساب طول السبخة من خلال حساب المسافة خلال جسم السبخة التي تصل بين أبعد نقطتين على حدود السبخة، وقد تغير طول السبخة خلال الفترات الزمنية ومن حوض لأخر، ومن تحليل بيانات الجدول (٢) نجد أن طول الحوض الشرقي للسبخة بلغ ٥.٢ كم، بينما بلغ الحوض الأوسط نحو ١٠.٩ كم، وبلغ في الحوض الغربية نحو ٧.٢٣ كم، مما يشير إلى أن الحوض الاوسط للسبخة هو أطول أحواض السبخة من حيث الطول، ويبلغ المتوسط العام لأطوال أحواض السبخة نحو٧.٧٨ كم، أي أن الحوض الغربي هو أقرب الأحواض تمثيلا للمتوسط العام لأحواض السبخة.

جدول (٢) : المعاملات المورفومترية لأحواض السبخة عام ٢٠١٨م.

المعامل	الحوض الغربي	الحوض الاوسط	الحوض الشرقي	المتوسط العام لأحواض السبخة	إجمالي السبخة
الطول (كم)	٧,٢٣	١٠,٩	٥,٢	٧,٧٨	–
العرض (كم)	٦,٥٣	٢,٨١	٣,٦	٤,٣١	–
المحيط (كم)	٢٤,٧٨	٣٠,٧١	١٧,٥٨	٢٤,٣٦	٧٣,٠٧
المساحة (كم ٢)	١٦,٢٦	١٩,٤٨	٥,٣٩	١٣,٧١	٤١,١٣

المصدر: القياس من المرئيات الفضائية عام ٢٠١٨ م باستخدام برنامج Arc GIS.

٢) عرض السبخة :

يمثل عرض السبخة طول الخط الواصل بين الشاطئ السبخي والشاطئ الآخر المقابل، بحيث يتقاطع مع الخط المحدد لطول السبخة بزاوية قائمة في أي نقطة كانت (جهاد الشاعر، ١٩٩٥، ص ٣٦٧).

وبدراسة عرض أحواض السبخة الثلاث كما يظهر من الجدول (٢)، نجد أن أكبر عرض يأتي في الحوض الغربي فيبلغ ٦.٥٣ كم، بينما يقل في الحوض الشرقي إلى ٣.٦ كم، ويبلغ أقل قيمة في الحوض الأوسط إلى ٢.٨ كم، ويبلغ المتوسط العام لعرض السبخة بأحواضها الثلاث نحو ٤.٣١ كم، ليقترب الحوض الشرقي من المتوسط العام للعرض في السبخة.

٣) محيط السبخة :

وهو يمثل أطوال الشواطئ في السبخة والذي بلغ متوسطه العام ٢٤.٣٦ كم كما يظهر في الجدول (٢)، فيرتفع في الحوض الأوسط إلى ٣٠.٧١ كم، بينما يقل محيط الحوض الغربي إلى ٢٤.٧٨ كم، ويأتي الحوض الشرقي في المركز الثالث حيث بلغ ١٧.٥٨ كم، وبذلك نجد أن حوض السبخة الغربي هو أقرب حوض

للمتوسط العام للسبخة، حتى أنه يكاد يمثلها من حيث أطول حدود السبخة، ويبلغ المحيط الإجمالي للسبخة ٧٣.٠٧ كم.

ويرتبط محيط السبخة ومساحتها بشكل كبير بمعدل تعرج شواطئها، فنجد أنه بحساب معدل تعرج أحواض السبخة، وُجِدَ أنه بلغ ١.٧ في الحوض الغربي، بينما أرتفع معدل التعرج في الحوض الأوسط إلى ١.٩، وهي معدلات تعرج شديدة، أما الحوض الشرقي للسبخة فقط بلغ ٢.١، وهو يدخل في نطاق معدلات التعرج الشديدة جداً، ويبلغ معدل التعرج العام للسبخة ١.٩، أي أن الحوض الأوسط أكثر تمثيلا للسبخة من حيث معدل التعرج العام للشواطئ البحيرية.

ويرجع التعرجات الشديدة لمعدل السبخة إلى نشأتها السبخة المتغيرة، ووقوعها في نطاقات الكثبان الرملية المتغيرة التي تتحرك بشكل مستمر؛ بسبب الرياح الشمالية، وطبيعة حبيبات الرمال المكونة للرمال التي تذريها الرياح، كما يؤدي التبخر إلى تغير حدود السبخة بشكل كبير، مما ساهم بشكل مباشر في التعرجات الشديدة لشاطئ السبخة.

٤) مساحة السبخة :

يبلغ المتوسط العام لمساحة أحواض السبخة نحو ١٣.٧١ كم٢، ويرتفع ليبلغ في الحوض الأوسط نحو ١٩.٤٨ كم٢، بينما ينخفض في الحوض الغربي انخفاضا بسيطاً لتبلغ مساحته نحو ١٦.٢٦ كم٢، ثم ينخفض انخفاضا شديداً في الحوض الشرقي لتبلغ مساحته ٥.٣٩ كم٢، ويرجع الانخفاض الملحوظ في مساحة الحوض الشرقي – بالمقارنة بباقي الأحواض – إلى بعده عن القناة الرئيسة لتزويد السبخة بمياه الصرف الزراعي المعالجة (التي تتصل بالحوض الغربي من ناحية الغرب)، مما جعله يقع تحت معدلات التبخر المرتفعة بدون تعويض الفاقد المائي له، مما ساهم بشكل مباشر في نقص مساحته، ويبلغ إجمالي مساحات أحواض السبخة نحو ٤١.١٣ كم٢.

٥) تطور خط الشاطئ للسبخة :

يحسب معدل تطور خط الشاطئ للسبخة على النحو التالي:

$$\text{معدل التطور} = \frac{\text{محيط السبخة (كم)}}{\sqrt{\pi \times \text{المساحة (كم٢)}}}$$

بتصريف (جهاد الشاعر، ١٩٩٥، ص ٣٦٩)

وهو من المعدلات المهمة في رصد التغيرات الجيومورفولوجية، فإذا زاد المعدل عن ١.٥، دل ذلك علي أن شواطئ السبخة يسودها النحت، وتتعرض سواحلها للتقهقر واذا ما تراوح المعدل بين ١ : ١.٥ تعد من البحيرات المتقطعة ، وبتطبيق معدل تطور الشاطئ على أحواض السبخة نجد أنه بلغ في الحوض الغربي نحو ٣.٤٦، بينما بلغ في الحوض الأوسط إلى ٣.٩٢، وقفز في الحوض الشرقي إلى ٤.٢٧، مما يشير إلى التغيرات التي تحدث بشكل كبير في تطور شاطئ السبخة وخاصة في حوضها الشرقي وبحساب المعدل على مساحة السبخة الاجمالية ومحيطها وجد أنه بلغ ٦.٤٢، وهو معدل مرتفع جداً وذلك لأن جسم السبخة المائي مقسم إلى ثلاثة أحواض مما يشير إلى التغيرات الحادثة لها بشكل كبير.

٦) معاملات الشكل :

لدراسة المعاملات المورفومترية لشكل السبخة دلالات مهمة، تتعلق بأدوار التطور الذي مرت بها السبخة حتى وصلت إلى أبعادها وشكلها الحالي، وتضم معامل الاستطالة والاستدارة ومعامل الشكل، بالإضافة إلى معامل الاندماج وسيتم تطبيق كل منها على أحواض السبخة الثلاث وذلك فيما يلي:

أ- معامل الاستطالة :

يدل معامل الاستطالة على مدي التشابه بين المساحة والشكل المستطيل، وهو يساوي النسبة بين طول قطر دائرة مساوية لمساحة الشكل بالكيلومتر، إلى أقصي طول بالكيلومتر ويمكن حسابه بواسطة المعادلة الآتية:

$$\text{معامل الاستطالة} = \frac{\text{قطر الدائرة المساوية للمساحة (كم)}}{\text{أقصي طول (كم)}}$$

(Schumm, ١٩٥٦, p. ٥٢)

وتجدر الإشارة إلى أن معامل الاستطالة يشير إلى تشابه شكل السبخة المستطيل عندما تنخفض قيمته، أي بقصر قطر الدائرة واقترابه من الصفر (جودة، ١٩٩١، صـ٣١٧).

وبتطبيق ذلك على أحواض السبخة الثلاث كما في الجدول (٣) نجد أن معدل الاستطالة بلغ ٠.٦٣ في الحوض الغربي، بينما بلغ في الحوض الشرقي نحو ٠.٥١، أما الحوض الأوسط فقد اقترب من الشكل المستطيل، حيث بلغ معامل الاستطالة له نحو ٠.٤٦ وهو أقرب الأحواض الثلاث للشكل المستطيل.

جدول (٣) المعاملات المورفومترية للشكل في أحواض السبخة عام ٢٠١٨م.

المعامل	الحوض الغربي	الحوض الأوسط	الحوض الشرقي
الاستطالة	٠.٦٣	٠.٤٦	٠.٥١
الاستدارة	٠.٣٣	٠.٢٦	٠.٢٢
الشكل	٠.٣١	٠.١٦	٠.٢
الاندماج	١.٧٣	١.٩٦	٢.١٤

المصدر: بتطبيق المعاملات المورفومترية للشكل.

ب- معامل الاستدارة:

يدل معامل الاستدارة على الشكل الدائري المنتظم، وتعني القيم المرتفعة التي تقترب من الواحد الصحيح، أن الشكل يقترب من الدائرة، على حين تشير المنخفضة لهذا المعامل إلى الابتعاد عن الشكل الدائري (جودة، ١٩٩١، ص ٣١٨) وبتطبيق معامل الاستدارة على أحواض السبخة الثلاث والتي تظهر نتائج تطبيقها في الجدول (٣) حيث تم حساب معامل الاستدارة من المعادلة الآتية:

$$\text{معامل الاستدارة} = \frac{\text{مساحة السبخة (كم٢)}}{\text{مساحة الدائرة التي لها نفس محيط السبخة (كم٢)}}$$

بتصريف (Miller, ١٩٥٣, p. ١٤٢)

وبتطبيق ذلك على أحواض السبخة الثلاث كما في الجدول (٣) نجد أن معدل الاستدارة بلغ ٠.٣٣ في الحوض الغربي، بينما بلغ في الحوض الأوسط نحو ٠.٢٦ أما الحوض الشرقي فقد ابتعد عن الشكل الدائري واقترب من الشكل المستطيل، حيث بلغ معامل الاستدارة له نحو ٠.٢٢ فهو أقرب الأحواض الثلاث للشكل المستطيل.

ج- معامل الشكل :

يُبرز معامل الشكل العلاقة بين كل من المساحة ومربع الطول، حيث تشير القيم المنخفضة إلى الانخفاض النسبي في بسط العلاقة وهي المساحة بالنسبة للطول، ويحسب معامل الشكل من العلاقة الآتية:

$$\text{معامل الشكل} = \frac{\text{مساحة السبخة (كم٢)}}{\text{مربع طول السبخة (كم٢)}}$$

بتصريف (Horton, ١٩٣٢, p. ٣٥٣)

وبتطبيق ذلك على أحواض السبخة الثلاث كما في الجدول (٣)، نجد أن معامل الشكل بلغ ٠.٣١ في الحوض الغربي، بينما بلغ في الحوض الشرقي نحو ٠.١٦، أما الحوض الأوسط فقد بلغ ٠.٢ فهو أقرب الأحواض الثلاث للشكل المستطيل، حيث تشير قيم معامل الشكل المقتربة من الواحد إلى اقتراب الشكل إلى الشكل الدائري، بينما ابتعاد القيم عن الواحد واقترابها من الصفر، دل على الاقتراب من الشكل المستطيل، وهذا ما تحقق في أحواض السبخة وخصوصا الحوض الأوسط.

د- معامل الاندماج :

يشير معامل الاندماج إلى مدى تجانس أو تناسق شكل محيط السبخة مع مساحتها التجميعية، وقد أمكن حساب معامل الاندماج بواسطة المعادلة التالية:

$$\text{معامل الاندماج} = \frac{\text{محيط السبخة (كم)}}{\text{محيط الدائرة التي تكافئ مساحتها مساحة الشكل}}$$

(جودة وآخرون، ١٩٩١، ص ٣٢٠)

وبتطبيق ذلك على أحواض السبخة الثلاث كما في الجدول (٣)، نجد أن معامل الاندماج بلغ ١.٧٣ في الحوض الغربي، بينما بلغ في الحوض الأوسط نحو ١.٩٦، أما الحوض الشرقي فقد بلغ ٢.١٤، وتدل قيم معامل الاندماج التي تتراوح بين ١.٧٣: ٢.١٤ على ارتفاع نسبة التعرجات في شاطئ السبخة، وعدم انتظام شكلها.

ثالثا – الظاهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة :

تتسم منطقة سبخة الأصفر بمجموعة من الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بمناطق السبخات والبحيرات والكثبان الرملية، حيث تم رصد العديد من الظاهرات بالمنطقة، والتي تضم الكثبان الرملية، والشواطئ الرملية، والمستنقعات النباتية، والجزر، والالسنة الرملية، والنباك، والسبخات، والمسطحات الملحية، والسياحات، والنيم، والتي سيتم عرض كل منها فيما يلي:

١) الكثبان الرملية :

تنتشر الكثبان الرملية التي تنتمي إلى رمال صحراء الجافورا في شمال السبخة، وهي في مرحلة من التذرية و الحركة في هذا النطاق، فيظهر بوضوح تقطع السبخة إلى الأحواض الثلاث الرئيسة لها، وذلك بوجود كثبان رملية تفصل بين كل حوض والآخر، وترجع حركتها بسبب الرياح الشمالية السائدة بالمنطقة وقوتها، وطبيعية تكوين رمل الجافورا الدقيقة الحبيبات، وتأخذ شكل القباب والفرشات الرملية والكثبان الهلالية، بينما يقل بها الكثبان الطولية، وهي في الغالب تندر فيها النباتات أما عند اقترابها من الجسم المائي للسبخة فتظهر فيها النباتات وخاصة من أنواع نباتات السبخات المقاوم للأملاح خاصة حول بعض تجمعات الرمال البسيطة، ولون رمال الجافورا أصفر باهت (Badr, ١٩٨٩, p. ٢).

وتتسم رمال الجافورا بشكل عام بنوعين من الحركة وهما: الانسياق الرملي، وزحف الكثبان، فالنوع الأول وهو الانسياق الرملي يتباين معدله بين الوحدات الجيومورفولوجية المختلفة خلال العاصفة الواحدة، وهي ترتفع بشكل عام خلال أشهر

الصيف والربيع، ويقدر أعلى معدل سنوى للانسياق الرملي في الكثبان الهلالية يليها الكثبان المعكوسة، ثم الفرشات الرملية، وفي السباخ توجد حركة بسيطة للرمال؛ بسبب ارتفاع مستوى الماء الباطني (الوليعي، ١٤١٥هـ، ص ٣١١).

وتقل الحركة بشكل كبير في المنطقة بسبب الجسم المائي للسبخة وانتشار السبخات والملاحات حولها الذي يقف عائقاً أمام هذا النوع من الحركة.

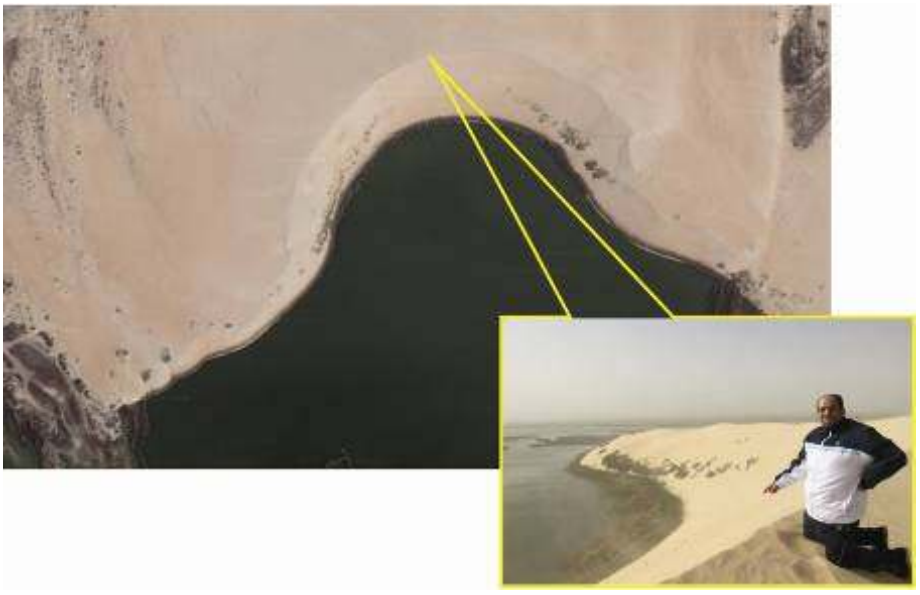
أما النوع الثاني من الحركة وهو حركة الكثبان الرملية، وتعتمد بشكل رئيس على قوة الرياح، ونوع وحجم الكثبان، ومعدل زحف الكثبان الرملية أعلى خلال شهور الصيف ويبلغ معدل حركة الكثبان الهلالية السنوي ١٠: ١٥ م، أما الكثبان القبابية والمعكوسة فيتراوح بين ٨ : ١٢ م (الوليعي، ١٤١٥هـ، ص ٣١١).

إلا أن السبخة تقف عائقاً أمام تلك الحركة، ويظهر هذا بوضوح في السواحل الشمالية من أحوض السبخة التي تتسارع فيها الكثبان الرملية لردم سواحل السبخة وتقاومها السبخة بنحت تلك الكثبان وخصوصا في الحوض الغربي الذي نجحت فيه السبخة في نحت الكثبان كما يظهر من الصورة (١) و (٣) وذلك بسبب تدفق مياه الصرف الزراعي في السبخة، مما يغذي الجسم المائي بمقننات مائية جعلتها تقاوم تلك الحركة وتنحت تلك الكثبان وكونت شواطئ رملية، وهي من السمات الرئيسة في شواطئ السبخة الشمالية.

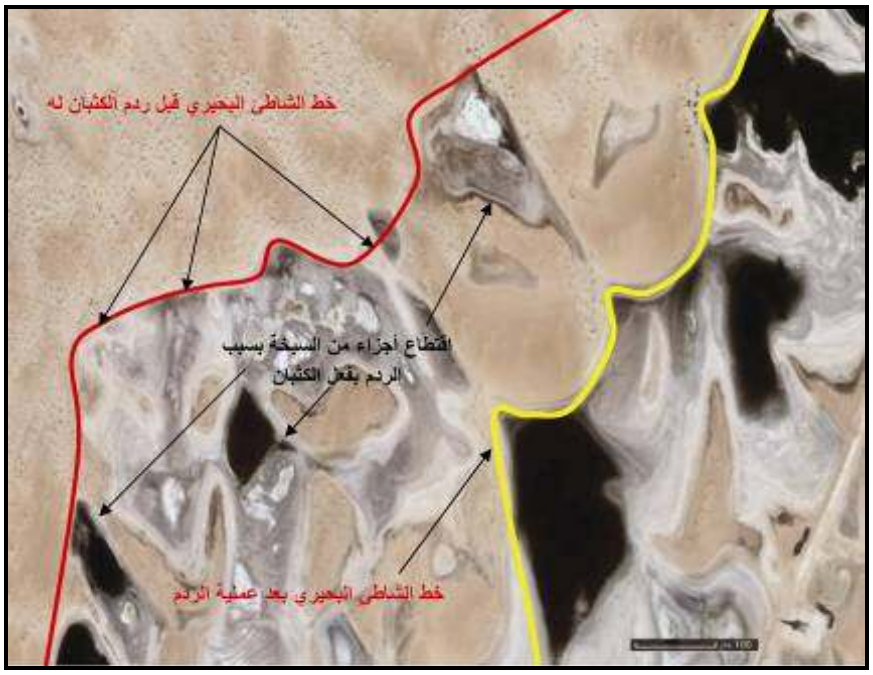
أما في الحوض الشرقي والأوسط فتنجح الكثبان باكتساح الجسم المائي للسبخة بمعدلات حركة أقل من المعتادة وذلك لكونها أراضٍ رطبة فتعيق حركتها، ولكن لا توقفها أو تنحتها كالحوض الغربي للسبخة، كما يظهر في صورة (٤) قدرة الكثبان على ردم أجزاء من السبخة في الحوض الشرقي لها، وذلك لقلة التدفقات المائية لتلك الأحواض، فهي تتصل بالحوض الغربي للسبخة من خلال ممرات طبيعية تمدها بالمياه، حال زيادة منسوب الحوض الغربي، وتتسم هذه الممرات بالتشعب والضيق، ويختلف امتدادها من وقت لآخر، وتشغل أقل المناطق منسوباً بين الكثبان الرملية التي تفصل بين أحواض السبخة لتتحرك فيها كما يظهر من الصورة (٢).

صورة (١) : الشاطئ في مناطق الكثبان شمال الحوض الغربي للسبخة.

صورة (٢) : يظهر شكل الممرات المائية بين حوض السبخة الغربي والأوسط.



صورة (٣) : الكثبان الرملية في الشاطئ الشمالي من الحوض الغربي في السبخة.



صورة (٤) : ردم الكثبان الرملية للمسطح المائي في الشاطئ الشمالي الغربي للحوض الشرقي للسبخة.

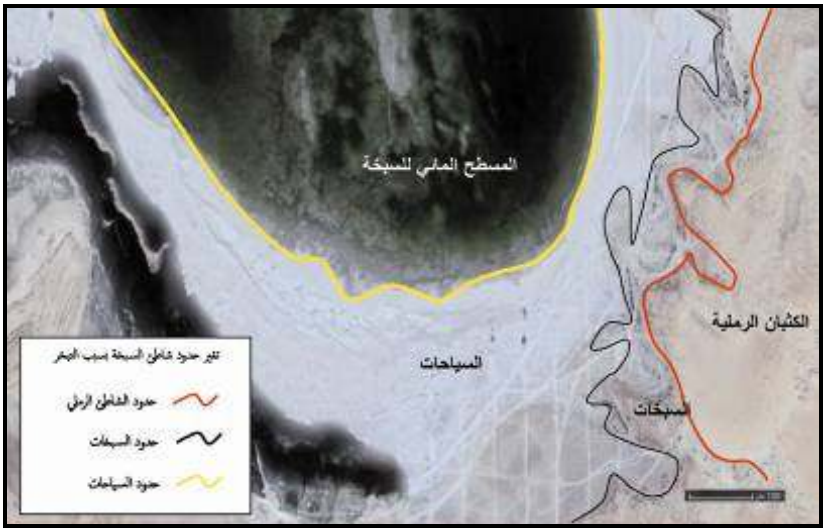
٢) الشواطئ الرملية :

تنتمي شواطئ سبخة الأصفر إلى الشواطئ الرملية التي نتجت لحدود الكثبان الرملية المحيطة بالسبخة، والتي يبلغ معدل انحدار شواطئها الرملية ما بين ٢ :٣٥°، فتسود الشواطئ الرملية هينة الانحدار في الشواطئ الجنوبية لأحواض السبخة (صورة ٥)، وتسود الانحدارات الكبيرة للشواطئ الرملية الشمالية للسبخة، والتي تتاخم الكثبان الرملية كما يظهر من الصورة (١)، والذي يوضح أنماط الشواطئ الرملية في شاطئ السبخة الشمالي، وتظهر درجة انحدار شديدة؛ بسبب نحت مياه السبخة لها، وتكون شواطئ نشطة ديناميكياً؛ بسبب عمليات التعرية المائية والهوائية.

أما الشواطئ الجنوبية للسبخة فهي أقل نشاطاً؛ وذلك لزيادة فعل التبخر مما ينتج تحول تلك الشواطئ إلى سبخات وسياحات تلتحم بشاطئ السبخة أثناء شهور الصيف، حيث تزداد عمليات التبخر؛ مما يزيد من نشط التجوية الكيميائية، وتحول

المكونات الرملية في شواطئ السبخة إلى مكونات سبخيه وملحية؛ بسبب عمليات تبخر مياه السبخة التي تحتوي على نسب من الأملاح التي بلغت في مياه السبخة نحو ٧٦٢٤ : ٨١٨٤٠ جزء في المليون، وهي التي تترسب علي الشواطئ الرملية، وتظهر علي شكل رواسب السبخات والملاحات بعد عمليات التبخر لمياه السبخة (El Mahmoudi et al., ٢٠٠٩, p. ٥)، كما تظهر في الصورة (٦).

صوره (٥) : الشواطئ الرملية هينة الانحدار في الشاطئ الجنوبي للحوض الغربي للسبخة.



صورة (٦) : تغير الشاطئ الرملي في الشواطئ الجنوبية للحوض الشرقي للسبخة بسبب التبخر.

٣) المستنقعات النباتية :

ويقصد بها النباتات التي انتشرت على محيط وحواف المسطح البحيري، وزاد انتشارها في الثلاثة عقود الأخيرة، بسبب مد قنوات الصرف الزراعي فتشكلت مناطق وفرة نباتية (معتمد، ٢٠٠٧، ص ٢٧).

ويتركز هذا النمط من الظاهرات بشكل كبير حيث بلغ ٤٥% من مساحة الحوض الغربي القريب من قناة الصرف الرئيسة التي تصب فيه صورة (٧)، بينما اقتصر تركزها في الأجزاء الشرقية للحوض الغربي في حواف المسطح البحيري والجزر كما في الصورة (٨) الموجودة في الحوض الغربي والذي يظهر منه مدى امتداد مساحات المستنقعات النباتية في الحوض الغربي للسبخة وانتشارها على حواف المسطح البحيري للسبخة، أما باقي أحواض السبخة فتختفي منها هذه المستنقعات النباتية.

صوره (٧) : مساحات المستنقعات التي تغطيها النباتات في الحوض الغربي للسبخة.

صورة (٨) : المستنقعات النباتية في شمال الحوض الغربي للسبخة.

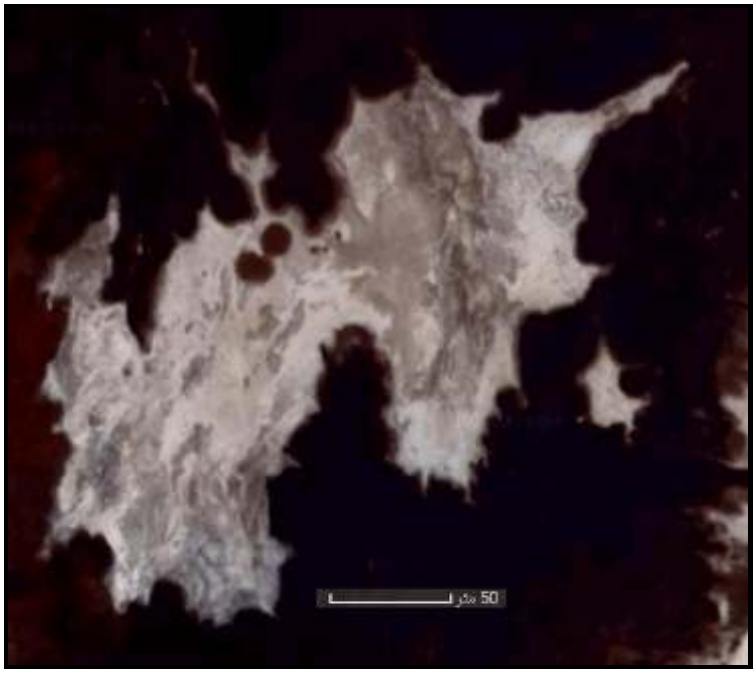
٤) الجزر :

تظهر مجموعة من الجزر في المسطح المائي للسبخة بسبب غمر المياه للكثبان الرملية ومقاومة الأجزاء المرتفعة من الكثبان لعمليات الغمر وساعدها على ذلك نمو النباتات على حدودها مما أمن غمر المياه لها وجعلها تظهر في شكل جزر.

تتركز أغلب الجزر بالحوض الأوسط والشرقي للسبخة؛ بسبب عمليات التبخر المرتفعة من تلك الأحواض، وعدم وجود تعويض للفاقد المائي إلا من خلال مياه الأمطار والتي تتسم أنها قليلة ونادرة ولذلك فمساحات الجزر فيها تزيد بالمقارنة بالحوض الغربي الذي يقل عددها به وتقل مساحتها أيضا، وتنشر بشواطئ جزر الحوض الغربي للسبخة النباتات على عكس جزر الحوضين الأوسط والشرقي التي تنعدم في شواطئ جزرهما النباتات.

ومن الصورة (٩) تظهر إحدى جزر الحوض الغربي التي تمتد في شكل طولي من الشمال نحو الجنوب، ويبلغ طولها ٢٦٨.٥ متراً، ويبلغ عرضها نحو ٣٦.٢ متراً وتبلغ مساحتها نحو ٠.٠٢٤ كم٢، بمحيط بلغ ٥٥٤.٧ متراً، وتتكون من تكوينات رملية هي بواقي كثبان استطاعت السبخة نحت كميات كبيرة منها وتركت الأجزاء المرتفعة منها؛ وذلك لارتفاع منسوب المياه في هذا الحوض، بالمقارنة بالأحواض الأخرى، وذلك بسبب قناة الصرف الزراعي التي تصب في هذا الحوض، ويعد مصدر مائي لهذا الحوض.

صورة (٩) : إحدى جذر الحوض الغربي للسبخة تمد بطول ٢٦٨.٥م ويبلغ متوسط عرضها نحو ٣٦.٢ م وتظهر النباتات على شواطئها.



صورة (١٠) : إحدى جزر الحوض الاوسط للسبخة وتمد بطول ٣٢٥.٢م ويبلغ متوسط عرضها نحو ١٦٥.٣م وتخلو شواطئها من النباتات.

أما الجزر في الحوض الأوسط فتأخذ نمط مختلف فيظهر في الصورة (١٠)، حيث تأخذ الشكل ذو الامتداد من الغرب إلى الشرق بطول بلغ ٣٢٥.٢متر وبعرض بلغ نحو ١٦٥.٣متراً، وتشغل مساحة بلغت ١.٢١كم٢، وهي أكبر مساحة وتخلو من النباتات بالمقارنة بجزر الحوض الغربي، وتتكون من رواسب سبخيه ترتفع بها نسبة الأملاح وذلك لأنها من مكونات قاع السبخة وتظهر بسبب انخفاض منسوب المياه بالحوض نظرا لزيادة البخر ونقص المياه الوردة إلى هذا الحوض كما يلاحظ أنها تخلو من النباتات على شواطئها.

٥) الألسنة الرملية:

تظهر الألسنة الرملية في الحوض الغربي للسبخة وذلك لوجود نمط من التيارات المائية التي ترتبط حركتها بالرياح وتيار قناة الصرف الرئيسة التي تعمل على تنظيم حركة التيارات في الحوض الغربي للسبخة فيظهر في الصورة (١١) امتداد الألسنة

الذي يظهر أنها جميعاً تمتد من الشاطئ الشمالي للحوض الغربي للسبخة، وتأخذ اتجاه في امتدادها نحو الجنوب، فيظهر لسان يمتد بطول ١٣٩.٤م، وآخر بطول ٦٥.٣م، وثالث بطول ٢٦.٧م، وتُغطيَ جوانب تلك الألسنة بالنباتات كما يظهر من الصورة (١١).

صورة (١١) : احد الألسنة الرملية في الحوض الغربي للسبخة.

ويخلو الحوض الأوسط والشرقي من هذه الألسنة؛ وذلك لسيادة نمط التبخر للمياه السبخة وسكون تيارات المياه بها، وذلك لضحالة أعماقها ونقص كميات المياه

بها وخاصة في فصل الصيف الذي ترتفع فيه درجات الحرارة مما يزيد من كميات البخر الذي يؤدي بدورة إلى نقص كميات المياه بالسبخة وخاصة في الحوض الشرقي والأوسط بالمقارنة بالحوض الغربي.

٦) النباك :

تبرز النباك دور النبات الطبيعي في نشأة أشكال إرسابية لها خصائصها المميزة، حيث يعمل النبات على إعاقة الرياح وفقدها لجزء كبير من طاقتها، فتصبح غير قادرة على حمل الرواسب، ومن ثمّ ترسبها مكونة للنباك.

والنباك في حقيقتها عبارة عن كثبان رملية وليدة يندر أن يتجاوز ارتفاعها ثلاثة أمتار، ويقل عن نصف متر أحياناً (كليو، ١٩٨٦، ص ٩).

وتختلف النباك في كثبان السبخة فيما بينها من حيث أبعادها (الطول – العرض – الارتفاع) وانحداراتها وقد تم قياس عينات من النباك في الشاطئ الشمالي للحوض الغربي بالسبخة والتي تظهر في الجدول رقم (٤) ومنه يلاحظ الآتي:

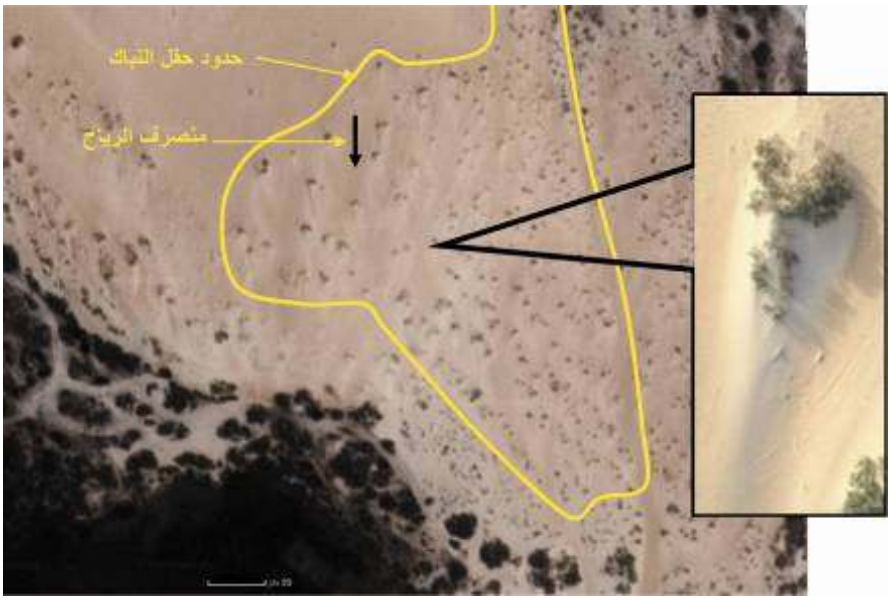
جدول (٤) : نتائج القياسات الحقلية على أبعاد النباك.

رقم النبكة	أقصى طول بالمتر	أقصى عرض بالمتر	أقصى ارتفاع بالمتر	متوسط الارتفاع م	الانحدار المواجه للرياح	الانحدار في الجهة المقابلة
١	٣,٥	١,٧	٠,٦٥	٠,٥	٢٠	١٢
٢	٢,٧	١,٢	١,١	٠,٦	٢٣	١٧
٣	٣,٣	١,٩	٠,٨	٠,٥	١٩	١٠
٤	٢	٢,٦	١,٢	٠,٤	٢٠	٩
٥	٣,٢	١,٧	١,٤	٠,٦	٢٣	١٠

المصدر: الدراسة الميدانية.

تتراوح أطوال النباك في كثبان السبخة ما بين ٢ : ٣.٥ م، ويبلغ متوسط الطول نحو ٢.٩٤ م، ويتـراوح أقصى عرض للنباك ما بين ١.٢ : ٢.٦ م، ويبلغ متوسط

العرض نحو ١.٨٢ متر، ويتراوح أقصى ارتفاع للنباك ما بين ٠.٨ : ١.٤ م، ويبلغ متوسط الارتفاع نحو ١.٠٤ م، ويتراوح انحدار النباك المواجه للرياح ما بين ١٩ : ٢٣°، بينما يبلغ الانحدار في الجهة المقابلة للرياح ما بين ٩ : ١٧°، كما يظهر من الصورة (١٣) لإحدى النباك في حقل النباك الذي يظهر بالصورة (١٢) في الشاطئ الشمالي للحوض الغربي في السبخة.



صورة (١٢) : حقل نباك فوق كثبان الساحل الشمالي للحوض الغربي في السبخة وتظهر ذيول النباك اتجاه الرياح الشمالية السائدة بالمنطقة

٧) الموجات الرملية (النيم):

تعمل الرياح على تشكيل هذه الظاهرة، فهي تنتج من عملية الترسيب السريعة فوق سطح الكثبان الرملية والتجمعات الرملية، وتتكون هذه التموجات عن طريق حركة الرمال في نسق واحد وبحركة تصادمية بين حبيبات الرمال، فتقفز الحبيبات الصغيرة وتدفع الحبيبات الكبيرة أمامها، ويزيد النقل في اتجاه الرياح حيث يتعرض

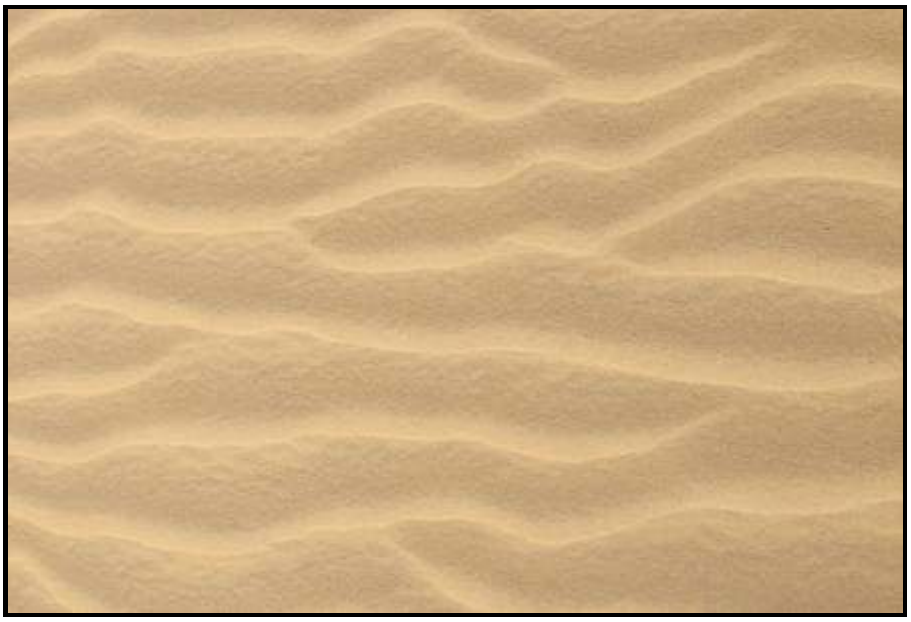
سطح الكثيب لعمليات دفع عنيفة، ويتوقف طول الموجات على تغير قوة الرياح، بينما يؤثر التغير في اتجاه الرياح على انتظام أشكالها.

صورة (١٣) : أحد نباك الكثبان بالساحل الشمالي للحوض الغربي في سبخة الأصفر.

ويمكن تقسيم النيم على سطح التجمعات الرملية المختلفة إلى نوعين حسب الشكل:

أ- **النيم منتظم الشكل** : وهو انعكاس لرياح ثابتة الاتجاه والسرعة، وتتعامد على اتجاه الرياح السائدة كما يظهر في الصورة (١٤) وتظهر فوق الكثبان الرملية التي تقع شمال السبخة والتي تتسم بتعامدها مع اتجاه الرياح السائد بالمنطقة.

ب- **النيم غير منتظم الشكل** : وينشأ من تغير سرعة الرياح واتجاهها، وهي تؤدى إلى تشوه في شكل التموجات كما يظهر في الصورة (١٥) وتظهر فوق التجمعات الرملية التي تقع جنوب وشرق السبخة والتي تتسم بعدم ارتفاع تكويناتها الرملية والتي تفترش الاسطح المستوية وتقطعها النباك والنباتات السائدة بالمنطقة.



صورة (١٤) : النيم المنتظم الشكل.

صورة (١٥) : النيم غير المنتظم الشكل.

وتتراوح أطوال التموجات الرملية المنتظمة الشكل ٣: ٥ سم، ويبلغ متوسط ارتفاعها ٢ : ٤ سم، ويتراوح معامل التموج ٥٠ :٧٠ وهو عبارة عن النسبة بين طول الموجة وارتفاعها ويتوقف ذلك على قوة الرياح السائدة بالمنطقة.

أما التموجات غير المنتظمة فهي تكون كبيرة ومتباينة في حجم الحبيبات المكونة لها، فهي تنتظم عندما تتجانس أحجام حبيباتها.

٨) السياحات :

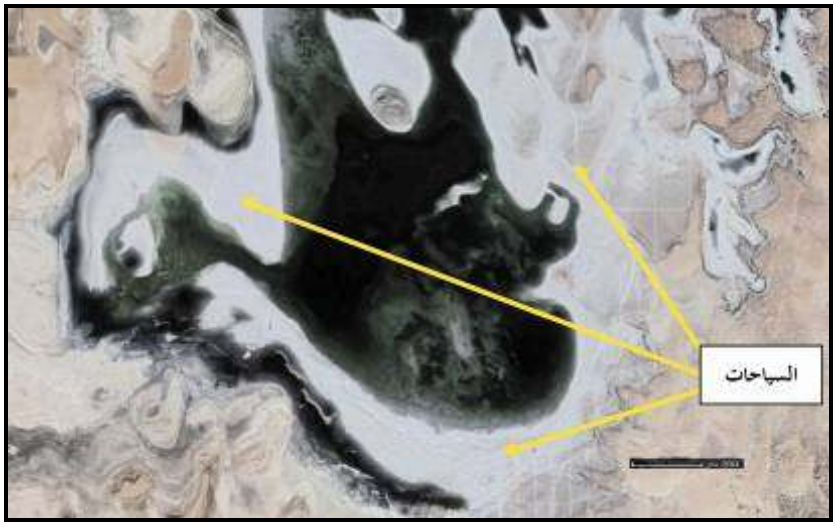
وهي جزء يحيط بالمسطح البحيري وتعتبر الأكثر تمثيلا للظاهرات السبخة التقليدية التي يشيع وجودها في كافة المناطق الجافة وشبة الجافة من برك منعزلة، ومسطحات طينية، وفرشات مائية ضحلة تتناوب عليها المد والجزر البحيري (معتمد، ٢٠٠٧، ص ٢٨).

وتظهر السياحات بشكل كبير في الحوض الشرقي من السبخة كما يوضح الصورة (١٦)، ولا تظهر في باقي أحواض السبخة، وذلك لأن هذا الحوض أكثر الأحواض الثلاث تغيراً في تغيرات كميات المياه به، حيث يتعرض للتبخر بشكل كبير في فصل الصيف؛ مما يقلل من منسوب سطح المياه به ويعود سطح المياه للارتفاع مرةُ اخري في فصل الشتاء؛ وذلك لسقوط الأمطار وقلة درجات الحرارة، مما يقلل من البخر ويضيف مياه للحوض، أما الحوض الغربي فهو أقل تغيرا في كميات المياه بل يستقر الميزان المائي فيه بالزيادة، وذلك لاتصاله بقناة الصرف الزراعي الرئيسة، مما يجعل تغير خط الشاطئ للسبخة في هذا الحوض قليل.

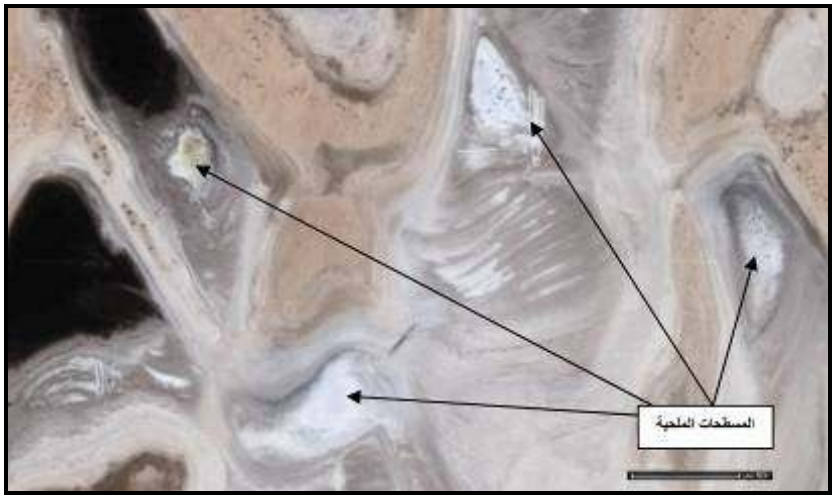
٩) المسطحات الملحية :

وهي عبارة عن طبقة من الأملاح الناتجة عن تبخر المحاليل الملحية، ويتوقف سمك هذه الطبقة على نسبة الأملاح المتركزة في المحاليل الملحية، وارتفاع درجة الحرارة، وزيادة معدلات التبخر في فصل الصيف.

وتشغل الملاحات المناطق المقتطعة من السبخة، وتنتشر بها الظاهرات الجيومورفولوجية التقليدية كالصحاف، والمضلعات الملحية، وترتبط مساحة الملاحات عكسيا بمصارف الصرف الزراعي التي تدفع بكميات كبيرة من المياه شبة العذبة إلى الأراضي الرطبة فتذيب الأملاح بها (معتمد، ٢٠٠٧، ص ٣٠).



صورة (١٦) : السياحات في الساحل الجنوبي للحوض الشرقي في السبخة.



صورة (١٧) : المسطحات الملحية في الساحل الجنوبي الغربي للحوض الشرقي في السبخة.

توجد هذه الظاهرة بشكل محدود في الحوض الشرقي من سبخة الأصفر، بينما لا تظهر في الحوضين الأوسط والغربي، وأمكن رصد إحدى الملاحات التي بلغ طولها نحو ٦٤.٣م، وعرض بلغ ٢٤.٥م، وتبلغ مساحتها نحو ١٤٢٠م٢.

وتتكون من رواسب سبخيه ترتفع بها نسبة الأملاح وذلك لأنها من مكونات قاع السبخة، وتظهر بسبب انخفاض منسوب المياه بالحوض نظراً لزيادة البخر ونقص المياه الواردة إلى هذا الحوض كما يلاحظ أنها تخلو من النباتات على شواطئها.

١٠) السبخات :

وهي عبارة عن نظام مائي وقاري يتكون من إرسابات ملحية مختلطة بإرسابات منقولة الأصل من المناطق المجاورة، وتربتها بنية اللون قوامها الصلصال والرمال وبقأيا عضوية مع رواسب المتبخرات، ومنطقة السبخة جميع أراضيها تعتبر أراضٍ سبخيه، الا أن هناك ما تغمره المياه ويظهر في شكل بحيرة ومنها ما ينمو فيها النباتات فيظهر في شكل مستنقعات نباتية وما يظهر من بواقي ارض السبخة يقع على شواطئها.

وتظهر الصورة (١٨) جزءاً من سبخات الحوض الغربي من منطقة الدراسة التي بشكلها الرئيس قبل ان تتحول إلى أسطح ملحية او تغمرها المياه المتدفقة من قناة الصرف الرئيسة أو الأمطار، فسرعان ما تتغير مسطحات السبخات بمنطقة سبخة الأصفر؛ نتيجة للتغيرات في درجات الحرارة بين فصلي الصيف والشتاء، وموقعها في نطاق من الكثبان الرملية التي تسهم بشكل كبير في تغير السبخات من خلال إرساب التكوينات الرملية لتغطى سطح السبخة بالكامل.

ومما سبق يتضح أن الظاهرات في منطقة الدراسة تنتمي إلى مناطق بيئات الأراضي الرطبة التي تتخذ طبيعة خاصة في كونها تقع وسط الكثبان الرملية في حقل الجافورا الرملي، لتطفي عليه نمط بيئي مميز بوجود المياه حيث كانت السبخة في أصل نشأتها مصب لمياه العيون ولذلك فهي بيئة رطبة رملية مائية تساعد على تذويد الخزان الجوفي بالمياه نتيجة لطبيعة تكويناتها الصخرية المنفذة للمياه.

صورة (١٨) : السبخات في الساحل الجنوبي الشرقي للحوض الغربي في السبخة.

رابعا – الأخطار الجيومورفولوجية وسبل تنمية السبخة :

بيئة السبخة وأصل نشأتها وطبيعة تكويناتها الجيولوجية، وما تحتويه من ظاهرات جيومورفولوجية، يجعلها تتأثر بأخطار جيومورفولوجية تؤثر بشكل كبير على أي تنمية تصل إليها لذا فلابد من تحديد تلك الأخطار حتى تتم تنمية المنطقة بشكل يقيها من الأخطار التي تتعرض لها، حتى تكون التنمية مستدامة وفاعلة، ولا تتأثر بالأخطار بشكل عام وبالأخطار الجيومورفولوجية بشكل خاص، كما أن هناك استخدامات بشرية غير رشيدة تؤثر على الأشكال الجيومورفولوجية بها، ولذا تهدف الدراسة إلى التنمية بشكل متوازن مما يحافظ على السبخة وبيئتها الطبيعية التي هي مصدر جمالها الحقيقي وعنصر الجذب الرئيس لها.

١) الأخطار الجيومورفولوجية :

طبيعة المنطقة وما تحتويه من ظاهرات جيومورفولوجية، تجعلها تتأثر بمجموعة من الأخطار الجيومورفولوجية التي تؤثر على طبيعة سطح الأرض وما عليها من أشكال الاستخدام البشري بها وفيما يلي عرض لهذه الأخطار:

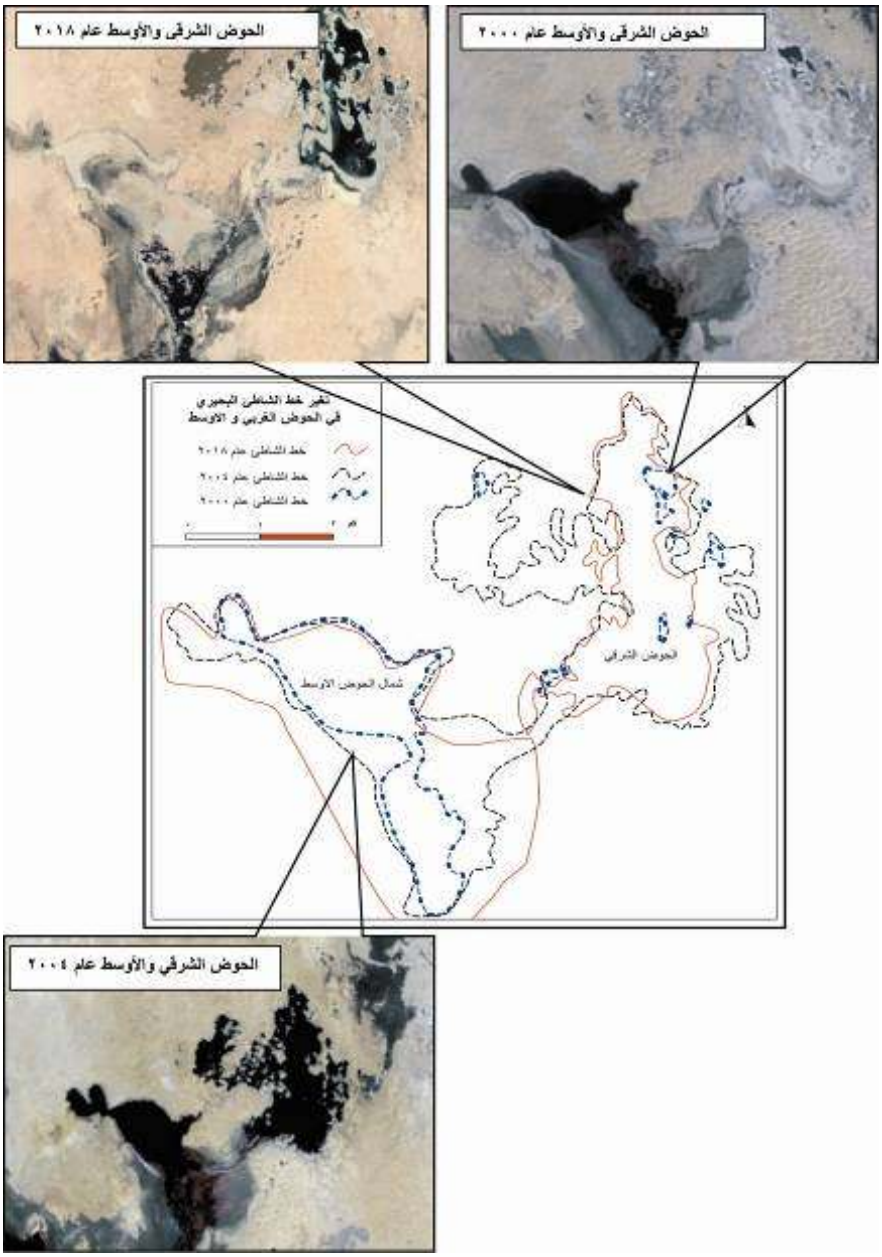
أ- تغير حدود السبخة :

تتعرض حدود السبخة إلى تغيرات بشكل كبير وواضح من عام إلى آخر بل ومن فصل لأخر في نفس العام، وخاصة في كل من الحوض الأوسط والشرقي، وقد أمكن رصد تلك التغيرات من خلال تتبع مجموعة من المرئيات الفضائية لفترات مختلفة وأيضا طبيعة الظاهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة، وخاصة السياحات والمسطحات الملحية والسبخات فهي جميعاً تنتج عن تغير في منسوب المياه وبالتالي تغير في حدود السبخة.

وتسهم معدلات التبخر المرتفعة والتي تقدر سنوياً بنحو ٣٤٧٠ ملم، ونقص الأمطار السنوية والتي بلغت ٧٩ ملم في تفوق كميات التبخر بنحو ٢٦ مرة عن كميات الأمطار مما يؤثر في الجسم المائي للسبخة وخاصة في الحوضين الشرقي والأوسط؛ مما يغير بشكل واضح في خط الشاطئ البحيري بها، أما الحوض الغربي فهو أكثر الأحواض الثلاث ثباتاً من حيث التغير، وذلك لتدفق مياه الصرف الزراعي من خلال قناة الصرف الرئيسة (D٢) التي تصب فيه، فيلاحظ أن تغيرات خط الشاطئ به قليلة بالمقارنة بباقي أحواض السبخة.

ويظهر من الخريطة في الشكل (٣) التغيرات التي حدثت لحدود السبخة للحوضين الأوسط والشرقي، والتي اعتمدت على المرئيات لأعوام ٢٠٠١-٢٠٠٤-٢٠١٨م، فنلاحظ التذبذبات في خط الشاطئ بهما، ففي حين يظهر أن خط الشاطئ في عام ٢٠٠٤م هو أكبر حجم مائي للسبخة وذلك لأن تاريخ المرئية في فصل الشتاء أثناء التصوير، فيكون الحوض المائي في امتلاء بسبب نقص كميات التبخر والتعويض المائي بالأمطار ومياه الصرف الزراعي المتدفقة اليهما عن طريق الممرات المائية الضيقة، أما المرئية عام ٢٠٠١م فتاريخ تصويرها في فصل الصيف مما يجعل الجسم المائي للسبخة في أقل حالاته بسبب زيادة كميات التبخر، وانقطاع الأمطار الساقطة مع ثبات كميات مياه الصرف الزراعي؛ مما يقلص خط الشاطئ بشكل ملحوظ يكاد يختفي فيه الحوض الشرقي تماما ويعمل ذلك على ظهور قاع السبخة، أما المرئية في ٢٠١٨م فهي ملتقطة في فصل الربيع وهو انتقال من شتاء يزيد به الحجم المائي للسبخة إلى فصل الصيف الذي يقل به الحجم المائي لها وهي

مرحلة انتقالية فيظهر تقطع لخط الشاطئ للسبخة بشكل كبير ويطول فيه محيط خط الشاطئ للسبخة بشكل ملحوظ، كما يظهر من الخريطة شكل (٣).



شكل (٣) : تغير خط الشاطئ البحيري في الحوض الغربي والأوسط.

ويعد الحوض الغربي للسبخة أكثر الأحواض استقراراً في خط شاطئه وذلك لان مستنقعات النباتات محددة لكمية كبيرة لمسطحه المائي، وخاصة في غربه، وتسهم قناة الصرف الزراعي (D٢) بإمداده بالمقننات المائية المباشرة التي تجعله لا يتأثر بعمليات التبخر بشكل كبير فهي تعوضه بفائض يفوق عمليات التبخر مما يسهم بشكل مباشر في استقرار الجسم المائي للسبخة الذي يؤدي إلى استقرار خط الشاطئ البحيري بصورة واضحة خلال الفترات الزمنية المختلفة.

ويؤدي التغير في خط الشاطئ البحيري إلى أخطار جيومورفولوجية متعددة منها عدم تحديد الجسم المائي للسبخة والذي يودي بدوره إلى تغير أشكال السطح التي تسهم بظهور قاع السبخة في حوضيها الشرقي والأوسط مما يجعل استخدام المنطقة صعباً إلا بعد تحديد خط الشاطئ البحيري بمحددات بشرية، كما يسهم تغير خط الشاطئ في زيادة مسطحات السبخات والمسطحات الملحية على حساب الجسم المائي للسبخة وكل منهما له استخدامات مختلفة.

ب- تغير الخصائص الكيميائية لمياه السبخة :

تتعرض مياه السبخة في حوضيها الشرقي والأوسط لتغير في الخصائص الكيميائية من فصل الصيف إلى فصل الشتاء؛ بسبب تغير التدفقات المائية بهما بسبب عمليات البخر التي تساهم بشكل كبير في تركيز الأملاح في مياه السبخة، أما الحوض الغربي فهو أقل الأحواض عرضة للتغير وذلك للاستقرار المائي الذي يتمتع به بسبب قناة الصرف الرئيسة (D٢) وما تمده بشكل مباشر من مياه.

ويعد تغير الخصائص الكيميائية من الأخطار الجيومورفولوجية المؤثرة بشكل غير مباشر في الظاهرات وتكوينها، من حيث نسب الأملاح في المياه وما تشكله من ظاهرات وبالتالي في الاستخدام البشري للسبخة وما ينتج عنه من أخطار.

وقد أُجرِيَت العديد من الدراسات على خصائص المياه بالسبخة من قبل مركز الدراسات المائية، ومركز أبحاث الثروة السمكية التابع لجامعة الملك فيصل بالأحساء، والتي تُظهر خصائص التغير في الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه السبخة من خلال

العديد من تحليل عينات من مياه السبخة باستخدام جهاز الامتصاص الذرى لتحليل تلك العينات في المعامل والتي قد تم جمعها من أحواضها المختلفة وفي فترات مختلفة.

ويظهر من الجدول (٥) أن معدل الأملاح في مياه سبخة الأصفر قد بلغ ٣٢٣٨٣.٥ جزء في المليون وينخفض في الحوض الغربي للسبخة ليبلغ ٧٦٢٤ جزء في المليون بينما يرتفع لمعدلات كبيرة جداً في الحوض الشرقي لتبلغ ٨١٨٤٠ جزء في المليون، وهو متوسط مرتفع جداً بالمقارنة بالحوض الغربي و المعدل العام للسبخة.

وتأتى أهمية الملوحة في كونها تؤثر في التغيرات البيئية للخصائص الطبيعية في السبخة، وبالتالي فهي تؤثر على نوعية الأحياء المائية بها.

جدول (٥) : الخصائص الكيميائية لمياه سبخة الأصفر عام ٢٠١٨م.

العنصر	متوسط عينات الحوض الغربي	متوسط عينات الحوض الشرقي	المعدل العام للسبخة
الاملاح (جزء في المليون)	٧٦٢٤	٨١٨٤٠	٣٢٣٨٣,٥
PH مقاس الحموضة/القلوية	٧	٨,٣	٧,٨
EC التوصيل الكهربي	٩,٥	١٠٢,٣	٤٠,٥
الصوديوم (جزء في المليون)	١٠٠٨,٩	١٠٨٢٩,٦	٤٢٨٥,٢
الكالسيوم (جزء في المليون)	٢٣٥,٨	٢٥٣١,٥	١٠٠١,٧
البوتاسيوم (جزء في المليون)	١٥٩,٧	١٧١٤,٣	٦٧٨,٤
المغنيسيوم (جزء في المليون)	٥٣٦,٣	٥٧٥٦,٧	١٦١٦
الكلوريد (جزء في المليون)	١٨٢٧,٢	٢٧٢٣٥	١٠٧١٧,٧
الكبريتات (جزء في المليون)	١٣٤٩,٩	٨٨٠٩,٨	٤٣٢١,٩
كربونات الهيدروجين	٧٠	١٧٤٢,٤	٣١٨,٧
النترات (جزء في المليون)	٠,٩	٤١	٩,١

المصدر: مركز الدراسات المائية، معمل تحليل عينات المياه، جامعة الملك فيصل، ٢٠١٨.

وتتناسب بيئة الملوحة المنخفضة التي تحتوي على الأملاح الغذائية الذائبة مع كائنات البلانكتون النباتي، فهي تؤدى دوراً مهماً في مياه السبخة لا يقل عن الدور الذي تلعبه الأسمدة والمخصبات بالنسبة للأراضي الزراعية (أحمد، ١٩٩٩، ص ١٣٦)، وهذا يفسر ارتباط المستنقعات النباتية في تواجدها بالحوض الغربي لانخفاض ملوحته وانعدام وجودها في الحوضين الشرقي والأوسط لارتفاع ملوحتهما.

وبدراسة معدلات PHللسبخة، وجد أن المعدل العام للسبخة بلغ ٧.٨، بينما كان التفاوت محدوداً ما بين الحوض الغربي الذي بلغ فيه ٧ وبلغت ٨.٣ في الحوض الشرقي ويشير تركيز أيون الأيدروجين PH كدلالة على درجة حموضة أو قلوية الماء، وتتوازن الأملاح المسببة للحموضة مع الأملاح القلوية التأثير عندما تكون قيمته ٧ فإذا زادت عن ذلك أصبح الوسط قلوياً وإذا قلت أصبح الوسط حمضياً، وفقا لذلك تصبح مياه السبخة قليلة القلوية وبينما تكون حامضية تقترب من التعادل في الحوض الغربي، بينما تكون قلوية في الحوض الشرقي.

تتحكم كمية الضوء وتركيز الأملاح الغذائية في الماء مثل : أملاح الفوسفات ، والأمونيا ، والنترات ، والسليكا في نمو النباتات البلانكتونية و هذه الأملاح توجد في الطبقات السطحية للمياه ، وتقوم المياه المتدفقة إلى السبخة بتجديد أملاحها الغذائية ، والعامل الرئيس لتجديد هذه الأملاح على نطاق واسع في المياه السطحية هو التيار الصاعد في أعماق السبخة حاملاً هذه الأملاح إلى المستويات العليا ، ومهما كان تركيز الأملاح الغذائية قليلاً فإن الكائنات البلانكتونية لها القدرة على استخلاص تلك الأملاح من الماء (عبد الوهاب، ١٩٩٢، ص ١٦).

ومن دراسة الجدول (٥) نجد أن معدل أملاح الصوديوم في السبخة يبلغ ٤٢٨٥.٢ جزء في المليون فيرتفع متوسطها في الحوض الشرقي لتبلغ ١٠٨٢٩.٦ جزء في المليون بينما ينقص متوسطها إلى ١٠٠٨.٩ جزء في المليون في الحوض الغربي، بينما بلغ معدل أملاح الكالسيوم في السبخة تبلغ ١٠١.٢ جزء في المليون فيرتفع متوسطها في الحوض الشرقي ليبلغ ٢٥٣١.٥ جزء في المليون بينما ينقص متوسطها إلى ٢٣٥.٨ جزء في المليون في الحوض الغربي.

بلغ معدل البوتاسيوم في السبخة نحو ٦٧٨.٤ جزء في المليون ويرتفع متوسطها في الحوض الشرقي لتبلغ ١٧١.٣ جزء في المليون أما الحوض الغربي فتنخفض فيه إلى ١٥٩.٧ جزء في المليون، وبالنسبة لمعدل أملاح المغنيسيوم في السبخة فقد بلغت ١٦١٦ جزء في المليون، ترتفع في الحوض الشرقي لتبلغ ٥٧٦٥.٧ جزء في المليون بينما يتناقص معدلها لتبلغ ٥٣٦.٣ جزء في المليون.

وبدراسة الكلوريد في مياه السبخة فقد بلغ معدله نحو ١٠٧١٧.٧ جزء في المليون يرتفع في الحوض الشرقي ليبلغ ٢٧٢٣٥ جزء في المليون بنما تخفض في الحوض الغربي لتبلغ ١٨٢٧.٢ جزء في المليون، أما الكبريتات فقد بلغ معدلها في السبخة نحو ٤٣٢١.٩ جزء في المليون ليرتفع متوسطها ليبلغ ٨٨٠٩.٨ في الحوض الشرقي، بينما يشير متوسطها إلى الانخفاض في الحوض الغربي ليبلغ ١٣٤٩.٩ جزء في المليون.

وبدراسة أيونات كربونات الهيدروجين، فنجد أن معدلها بلغ ٣١٨.٧ جزء في المليون في السبخة، بينما ارتفع في الحوض الشرقي إلى ١٧٤٢.٤ جزء في المليون بينما تقلصت في الحوض الغربي إلى ٧٠ جزء في المليون، وبدراسة تركيز النترات في السبخة فقد بلغ معدله ٩.١ جزء في المليون ترتفع في الحوض الشرقي لتبلغ ٤١ جزء في المليون، بينما تقل في الحوض الغربي إلى ٠.٩ جزء في المليون.

ويظهر من التفاوت الكبير بين متوسط نتائج عينات الحوض الغربي عن الحوض الشرقي للسبخة أن تأثير التبخر واضح جدا على الحوض الشرقي بينما يظهر تأثير وجود قناة الصرف الزراعي الرئيسة (D٢)، بينما يظل تأثير الأمطار تأثيراً ثابتاً لأنه يوثر على الحوضين بشكل متساوي وبكميات قليلة.

ويعد معامل التوصيل الكهربي (EC) من أساليب قياس نقاء المياه وتحديد نوعيتها فتبلغ نسبتها في مياه البحار تزيد عن ٥٤ ديسي سيمنز/متر بينما تبلغ في المياه الجوفية ٠.٠٣ : ٢ ديسي سيمنز/متر أما في مياه الأمطار فتتراوح ما بين ٠.٠٠٥ : ٠.٠٣ ديسي سيمنز/متر وفي المياه الصالحة للشرب تبلغ ٠.٥ : ١ ديسي سيمنز/متر أما في مياه الصرف الصناعي فيبلغ ما يزيد عن ٥ ديسي سيمنز/متر (McCleskey, et al., ٢٠١٢, p. ٩٦٥).

وبدراسة تحليل عينات المياه في أحوض السبخة: وُجِدَ أن معدل التوصيل الكهربي (EC) في السبخة بلغ ٤٠.٥ ديسي سيمنز/متر، وارتفعت لأعلى متوسط في الحوض الشرقي حيث بلغت ١٠٢.٣ ديسي سيمنز/متر وهو معدل أعلى من مياه البحر أما في الحوض الغربي فقد بلغ متوسطة ٩.٥ ديسي سيمنز/متر يقترب من معدل مياه الصرف الصناعي وهذا يؤكد ان الخصائص المائية للحوض الغربي تتأثر بشكل كبير بمياه الصرف الزراعي التي تصب فيه بشكل مباشر أما الحوض الشرقي فهو يقع تحت تأثير البخر مما يغير من خصائص مياهه بالمقارنة بالحوض الغربي للسبخة ومعدلاتها العامة.

ومما سبق يلاحظ التفاوت الكبير بين الخصائص الكيميائية لمياه سبخة الأصفر من الحوض الغربي باتجاه الحوض الشرقي ويرجع ذلك لطبيعة الاتصال بين أحواض السبخة من خلال القنوات التي تم توضيحها من قبل الصورة (٢) وخصائصها التي تجعل التواصل بين الجسم المائي للسبخة ضعيف ومتقطع مما يعطي شبة انعزالية لكل حوض عن الاخر مما اعطي فرصة لتأثير التبخر في رفع النسب للخصائص الكيميائية في الحوض الشرقي في حين تعد قناة الصرف الزراعي الرئيسة (D٢) المؤثر الرئيس في خفض نسب الخصائص الكيميائية لمياه السبخة في الحوض الغربي بسبب كميات المياه المتدفقة إلى جسم السبخة المائي من خلالها.

ج- التجوية الملحية :

التجوية الملحية تعرف بأنها عملية تفكك الصخور الناتجة عن تلك الإجهادات المتتالية، والتي يحدثها نمو وازدياد حجم بلورات الأملاح في المسافات البينية بالصخور مثل المسامات والفواصل والتشققات، أو نتيجة للتفاعل الكيميائي بين الملح والصخر (Cooke and Doornkamp, ١٩٨٢, p. ١٤١).

والتجوية الملحية أحد الأخطار الجيومورفولوجية المؤثرة على المنشآت والطرق في البيئات الجافة، حيث تعد البيئة الجافة مكاناً خصباً لنشاط فعل التجوية الملحية، لما تتميز به هذه البيئات من ارتفاع درجة الحرارة معظم شهور السنة، وزيادة معدلات التبخر، وارتفاع الرطوبة النسبية في الجو، وزيادة سرعة الرياح، وخصوصاً أن الخصائص الكيميائية لمياه السبخة تزيد من نشاطها بشكل ملحوظ وخاصة في

الحوض الشرقي للسبخة الأمر الذي يزيد من زيادة نشاط فعل الأملاح في تجوية الطرق والمنشآت، وخاصة أعمدة الضغط العالي التي تمر وسط الحوض الأوسط للسبخة بما تحتويه من قواعد خرسانية وهياكل حديدية يتأثران بشكل كبير بعمليات التجوية الملحية.

حيث تعد عملية التميؤ الملحي ذات أهمية كبيرة في عمليات التجوية الملحية، وخاصة أن الإجهادات الناتجة عنها يمكن أن تتكرر أكثر من مرة في الفصل الواحد وربما في اليوم الواحد. وترجع أهمية عملية التميؤ الملحي في إحداث الإجهادات إلى كون معاملات التمدد بفعل التميؤ لبعض الأملاح مثل نترات الصوديوم وكلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم تزداد أحجام بلوراتها بنسبة تصل إلى ثلاث مرات مقارنة بالبلورات المكونة للصخر، إلى جانب التغيرات الكيميائية التي يحدثها تغلغل الأملاح في الشقوق والمسامات البينية في المباني، وبالتالي ضعف هذه المباني نتيجة تغير محتواها الكيميائي لتصبح سهلة التفتت بالطرق الميكانيكية (محسوب، ١٩٩٨، ص ٨٥).

ومن الصورة (١٩–أ) يظهر ان أعمدة الضغط العالي لنقل الكهرباء تقطع الحوض الأوسط للسبخة، وقد تم إقامتها على مواقع متعددة من أرض السبخة وظاهراتها الجيومورفولوجية فكما يظهر من الصورة (١٩–ب) الذي يوضح موقع أحدي الاعمدة وقد تم ردم المسطح المائي للسبخة لإنشائه، ويظهر عمود آخر مُنشأ على أرض السبخات القريبة من الجسم المائي للسبخة، والتي يرتفع فيها تأثير التجوية الملحية بشكل كبير يظهر من الصورة (١٩–ج) تأثيرها على القواعد الاسمنتية للأعمدة.

كما تؤثر التجوية الملحية على هبوط الطريق ويؤدي الهبوط إلى تشققه واتساع هذه الشقوق لدرجة أنه لا يصلح الطريق للاستخدام نتاج عمليات التجوية الملحية، وكذلك يُعد حدوث تنهدات في الطريق نتاجاً لهذه العملية. وتحدث هذه الظاهرة بسبب زيادة معدلات التبخر مع ارتفاع درجة الحرارة التي تعمل بدورها على زيادة معدلات تبخر المياه الصاعدة من أسفل الطريق بالخاصية الشعرية لتبقى الأملاح كما تؤثر التجوية الملحية بشكل واضح على طرق المنطقة وتشققها كما يظهر من متراكمة داخل الشقوق والمفاصل الموجودة في طبقة البيتومين بالأسفلت ومع تمدد البلورات

الملحية وتميؤها تحدث ضغوط وإجهادات شديدة على شقوق مادة البيتومين، مما يزيد من اتساع الشقوق وحدوث هبوط بالطريق (محسوب، ١٩٩٨، ص٨٧).

صورة (١٩) : موقع إحدى أبراج كهرباء الضغط العالي المتأثر بالتجوية الملحية في الحوض الأوسط للسبخة.

وتعد السبخات الملحية من الأنظمة الأيكولوجية في المناطق الجافة، والتي تلائم نمو الأملاح على سطحها كمرحلة أولى لبدء ما يعرف بدورة التجوية الملحية، حيث يعد تراكم الأملاح فوق أي منطقة مرحلة أولى لبدء الدورة الملحية، بحيث تقوم الرياح بعد ذلك بتذرية الأملاح لتعيد توزيعها على الأسطح المكشوفة والتي تحتوى بدورها على نسب محدودة من الأملاح ضمن مكوناتها، مما ينتج عن ذلك تجوية ملحية على مساحات واسعة وبهذا تلعب السبخات دوراً كبيراً كمصدر للأملاح وبالتالي يكون قرب السبخة من المنشأة له أكبر الأثر في تأثرها بالتجوية الملحية من عدمه بشرط أن تكون السبخة في اتجاه هبوب الرياح بحيث تنقل الرياح الأملاح من السبخة لتعيد توزيعها على أوجه المباني المواجهة للرياح.

ولا يتوقف دور السبخات الملحية عن كونها مصدر الملح المسبب للتجوية والذي ينتقل في مرحلة لاحقة بواسطة الرياح بل تعدى ذلك إلى أن السبخات كنظام أيكولوجى مرتبط بها مجموعة من الأخطار (محسوب، ١٩٩٦، ص ص ٨٩-٩٠).

وتساهم الظروف الجوية باعتبارها أحد العوامل الطبيعية بصورة غير مباشرة في تفعيل دور التجوية الملحية، وذلك من خلال دورها المساعد في نشأة وتطور السبخات الملحية التي تمثل مصدراً رئيسياً للأملاح، حيث تنتشر السبخات بصفة خاصة في المناطق التي يسود فيها المناخ الصحراوي، كما هو الحال في منطقة ساحل البحر الأحمر. ومن أهم العوامل المؤثرة على السبخات هو الفرق بين كمية المياه الصاعدة إلى سطحها بفعل الخاصية الشعرية والتبخر من السطح وكذلك سقوط الأمطار، وذلك لأن الأمطار هي الأخرى تعد مصدراً آخر لمد السبخات بالمياه (ضاحي، ٢٠٠٤، ص ٣٧٠)، هذا إلى جانب عمليات النتح الناتجة بواسطة النباتات التي تنتشر في أرجاء السبخات وذلك بواسطة تبخر المياه من النباتات مما يعنى زيادة ملوحة المنطقة وبالتالي زيادة فعل التجوية الملحية.

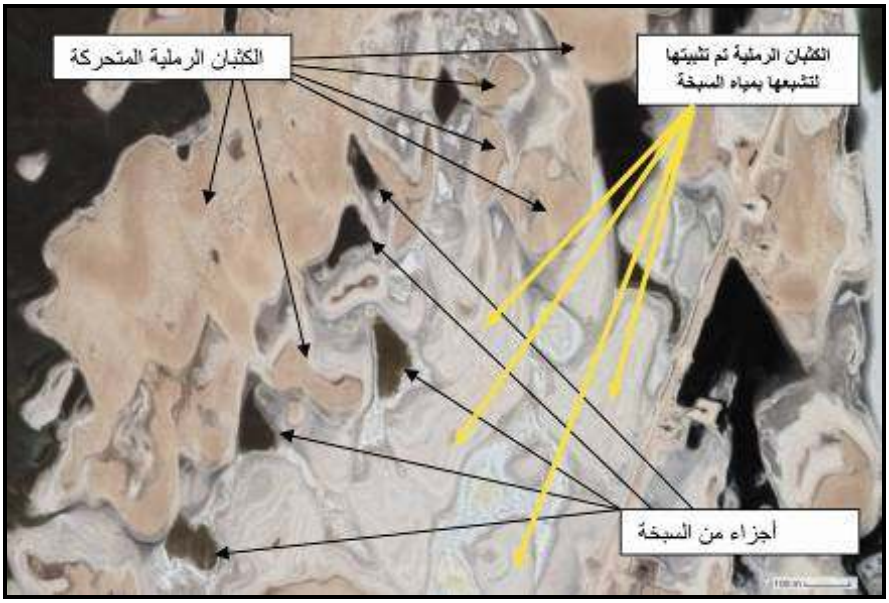
ويظهر من الشكل (١٩-أ) مدي تقطع الجسم المائي للحوض الأوسط للسبخة من خلال إنشاء طريق بجوار أعمدة كهرباء الضغط العالي لصيانتها حيث أدى امتداد هذا الطريق إلى عزل الحوض الأوسط إلى جزئيين أحدهما يتصل بالحوض

الغربي للسبخة أما الجزء الثاني فيقع شمال غرب الحوض الأوسط، حيث يعزله الطريق عن الجسم المائي للحوض مما يساهم في انتشار السبخات في العمق المائي للسبخة وقلل من المقننات المائية المتدفقة إليه مما يساعد على تجفيفه وزيادة فعل التجوية الملحية فيه وتأثيرها على تلك الأعمدة والطريق، كما أن الكثبان الرملية تقوم بردمه من ناحية الأجزاء الشمالية منه بسبب حركتها.

د- زحف الرمال :

تعددت الدراسات عن حركة الكثبان الرملة بمنطقة الأحساء بشكل عام، فنجد أن الاتجاه العام لحركة الكثبان الرملية والرمال الزاحفة تتحرك حالياً في اتجاه الجنوب بانتظام مهدده للأجزاء الشمالية والشرقية من المنطقة حيث تزحف بمعدل يتراوح ما بين ١٠:١٥ متر في السنة ويتوقف معدل الزحف للرملي على عدة عوامل أهمها خواص الرياح السائدة من حيث السرعة و الاتجاه و مدد الهبوب بالإضافة إلى متوسط حجم ذرات الرمال وأحجام الكثبان الرملية بالإضافة إلى نسبة الرطوبة فيها وكذلك كثافة الغطاء النباتي (أبو الخير، ١٩٨٥، ص ٦١٦).

وتؤثر حركة الرمال بمنطقة سبخة الأصفر في الحجم المائي للسبخة بشكل ملحوظ من خلال عمليات الردم التي تؤدي إليها حركة كثبان رمال الجافورا في شمال السبخة ويظهر تأثيرها الواضح في الحوضين الأوسط والشرقي للسبخة كما يظهر من الشكل (٢٠) الذي يظهر نمط حركة الكثبان وردمها للأجزاء الشمالية من حوض السبخة وتقطيعها إلى بحيرات صغيره منعزلة عن الجسم المائي للسبخة ومن ثم ما تتعرض لتبخر المياه منها وتجف وتتحول إلى سبخات ثم إلى مسطحات ملحية كما يؤدي ردم الكثبان الرملية الزاحفة للجسم المائي في السبخة إلى التثبيت بسبب تشبعها بالمياه التي بالسبخة مما تعمل عل بطئ حركتها بل وإيقافها لفترة حتي يتم تبخر تلك المياه من جسم الكثيب وجفافه ليعود مرة اخري لحركته ويحدث ذلك في الغالب بعد فصل الصيف الذي ترتفع فيه درجات الحرارة بشكل ملحوظ مما يزيد من عمليات التبخر.



صورة (٢٠) : اتجاه حركة الكثبان وردمها للأجزاء الشمالية من الحوض الأوسط للسبخة.

صورة (٢١) : ردم الكثبان الرملة لمسطح السبخة في الأجزاء الشمالية من الحوض الشرقي.

وفي الحوض الشرقي نلاحظ من الصورة (٢٠) حركة الكثبان ولاكن بدرجة أسرع من الزحف على الحوض الأوسط وذلك لقلة منسوب المياه في الحوض الشرقي، أما في الحوض الغربي فهو أكثر مقاومة لحركة الكثبان الرملية وذلك لارتفاع منسوب المياه به وانتشار النباتات في شكل المستنقعات النباتية التي تنتشر بكثافة في هذا الحوض كما في الصورة (٢١) ويرجع السبب الرئيس لوجود مصب قناة الصرف الزراعي (D٢) والتي تعد مصدر التدفق المائي للسبخة والذي يجعلها تقاوم الزحف الرملي في هذا الحوض من السبخة.

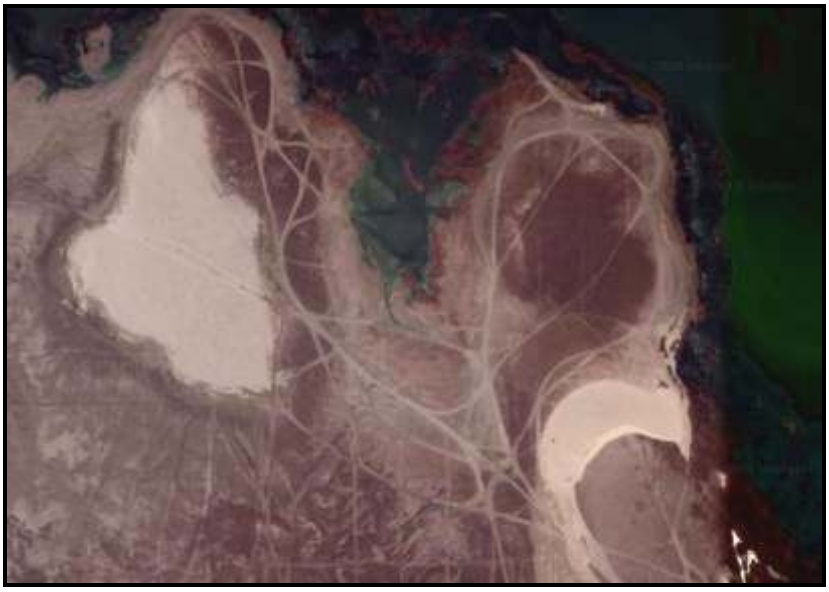
٢) أثر الاستخدامات البشرية على الأشكال الجيومورفولوجية :

أدى وجود الأشكال الجيومورفولوجية السائدة في منطقة سبخة الأصفر بكونها سبخة مائية وسط الكثبان الرملية في بيئة صحراوية إلى تشجع السكان بمحافظة الأحساء ان تكون هي منتجعاً سياحياً يتميز بمظهر طبيعي مميز وسط النطاق الصحراوي المنتشر بالمنطقة بشكل كبير فشجع هذا المظهر إلى تحركات ميدانية للاستمتاع بهذه الظاهرات مما أدى إلى استخدام غير رشيد أضر بالأشكال الجيومورفولوجية في المنطقة، وأظهر أخطارها وفيما يلي سنتناول أثر الاستخدامات البشرية على الظاهرات الجيومورفولوجية:

أ- أثر حركة السيارات :

نظراً لطبيعية المنظر الخلاب للظاهرات الجيومورفولوجية فيسعي مرتادي المنطقة بسيارات الدفع الرباعية التي لا تتقيد بطريق محدد للسير فتتحرك فوق مناطق السبخات والمسطحات الملحية وكذلك فوق الكثبان الرملية تاركة آثارها عليها في شكل دروب عشوائية غير منظمة ومتغيرة من فترة لأخري حسب طبيعة الرطوبة في تلك الأماكن كما يظهر في الصورة (٢٢) أنماط الدروب العشوائية فوق أسطح المسطحات الملحية وأغلبها يتجه إلى شاطئ السبخة للاستمتاع بالمنظر الطبيعي للمياه وتداخلها مع الرمال.

صورة (٢٢) : أثر حركة سيارات الدفع الرباعي على أراضي المسطحات الملحية في الأجزاء الجنوبية من الحوض الغربي للسبخة مما يغير من أنماط تطورها وإعادة ترتيب الاملاح بها بسبب مؤثرات حركة الاملاح.



صورة (٢٣) : أثر حركة سيارات الدفع الرباعي على أراضي السبخات في الأجزاء الجنوبية الغربية من الحوض الغربي للسبخة.

وفي جنوب غرب السبخة تظهر السبخات بها وتقطع الدروب أماكن محددة منها وذلك لطبيعتها الرطبة التي يصعب السير عليها في الأماكن الرطبة بها ولذلك فهي أكثر صعوبة من المسطحات الملحية والكثبان وذلك لتربتها الرطبة كما تظهر في الصورة (٢٣) فيظهر ارتباط أماكن الدروب بالأراضي الجافة من السبخات ويبتعد تركيزها عن المناطق الرطبة بها وترسم بها دروب واضحة المسارات حتى لا تتعرض السيارات للغرز في الأماكن الرطبة منها الغير ممهده لذلك.

ولحركة سيارات الدفع الرباعي أثر على أسطح الكثبان الرملية والتكوينات الرملية كما تظهر في الصورة (٢٤) التي توضح تقطع أسطح التكوينات الرملية بحركة السيارات وخاصة ذات الدفع الرباعي لقدرتها على الحركة فوق تلك الرمال بالإضافة إلى هواية الحركة بالبيش باجي "الموتسيكلات رباعية العجلات" التي لها قدرات عالية على الحركة فوق رمال الكثبان بشكل سريع مما يؤثر في شكل أسطح الكثبان وما عليها من ظاهرات دقيقة مثل النيم والنباك.

صورة (٢٤) : شكل أثر حركة سيارات الدفع الرباعي على الرمال بالمنطقة.

ب- أثر استخدامات الأرض :

تتعدد استخدامات الأرض في منطقة السبخة من سياحية، وتجارية، وصيد بري، وبحري، وخدمات، فتعد منطقة السبخة مرعى غني فتنمو حول السبخة النباتات الصحراوية المختلفة، ويأتي في مقدمتها نبات السرخس الذي ينمو بكثافة حول أطرافها، وعند انحسار المياه صيفاً تكون مرعى غنيا للأغنام والإبل حيث يخيم حولها جمع من أهل البادية لهذا الغرض وبالطبع ينمو نبات الطرفاء وغيره.

كما تعد السبخة محطة استراحة لهجرات الطيور المختلفة؛ لكونها توفر مصدراً للمياه في وسط بيئة صحراوية جافة، وتعبر تلك الطيور مرتين في العام من الشمال إلى الجنوب ومن الجنوب إلى الشمال وتتنوع هذه الطيور من كبيرها كالبط والوز إلى صغيرها كالبلابل والعصافير كما تضم مياه السبخة أسماكاً يمكن مراقبتها بالنظر وقد نمت بأحجام مختلفة.

ويعد الاستخدام السياحي من أكثر الاستخدامات بالمنطقة من أماكن تجمعات السيارات أمام شواطئ السبخة، وأماكن الاستراحات التي تصلح لسياحة اليوم الواحد بالإضافة إلى أماكن تجمعات البيش باجي وحركتها الحرة في أرجاء السبخة لقدرتها على التحرك فوق الأسطح الصعبة مع الرغبة من مرتادي المنطقة للاستمتاع بأماكن صيد الطيور، وأماكن صيد الأسماك، مما جعلها بيئة سياحية متنوعة تؤثر على الظاهرات الجيومورفولوجية بها.

أما بالنسبة للاستخدام الخدمي فيظهر بوضوح أثر امتداد أعمدة كهرباء الضغط العالي في أراضي السبخة من الجنوب الغربي نحو الشمال الغربي، قاطعاً الحوض الأوسط للسبخة وأثر ذلك على تقطع الحوض بشكل كبير حيث قطع الحوض إلى حوضين أحدهما شمالي غربي ينخفض فيه منسوب المياه، وتنتشر فيه السبخات والمسطحات الملحية بسبب انعزاله بنسبة كبيرة عن الحوض الجنوبي الشرقي منه الذي تتصل قنوات السبخة فيه بشكل يصل إليه التيارات القادمة من الحوض الغربي للسبخة مما يجعل المنسوب فيه أعلى و يظهر المسطح المائي بوضوح ويخلوا من المسطحات الملحية وبذلك فان خطوط الضغط العالي أدت إلى انعزال الجزء الشمالي الغربي من الحوض الأوسط عن الحوض الجنوبي الشرقي منه مما أثر علي الظاهرات الجيومورفولوجية فيه ومدي تأثرها بعمليات التبخر والتجفيف.

ويظهر من الصورة (١٩-أ) مدي تأثير الطريق الممتد بجوار أعمدة الضغط العالي على استقامة خط شاطئ السبخة وزيادة أطواله وإعطاءه الشكل المستقيم وكذلك تأثيرها على أرض السبخات وإعادة توزيعها داخل العمق المائي للسبخة.

ويعد مواضع الاعمدة من مصادر الخطر وتلعب دوراً كبيراً في مدى تأثره بمظاهر التجوية الملحية من عدمه وترجع أهمية هذا العامل في أن اختيار الموضع الصحيح للمنشأة قد يلغى أو يحد من معظم العوامل الطبيعية في تفعيل أو بدء دورة الأملاح، وإن كان تأثيره في العوامل المناخية تأثيراً محدوداً، فاختيار موضع للمنشأة بعيداً عن السبخة بعيداً عن المناطق السبخية بجانب اختيار المواضع المرتفعة نسبياً يؤدى إلى تجنب خطر عمليات التجوية كما أنه لا يؤثر في هيدرولوجية السبخة أما وجودها في الجسم المائي لها يجعلها عرضة للأخطار ويؤثر في هيدرولوجية السبخة.

ج- تلوث مياه السبخة بمياه الصرف :

من الاستخدامات التي يتم الحرص عليها بشكل دائم من خلال رصد معدلات التلوث في مياه الصرف الزراعي وقياسها بشكل دائم فيتدفق إلى مياه السبخة ما يقرب من ٢٧.٨ مليون م٣/سنة من مياه الصرف الزراعي من خلال قناة الصرف الرئيسة D٢ صورة (٢٥) والتي كان لها دور حيوي وهام في نمو المستنقعات النباتية وخاصة في الحوض الغربي للسبخة والتي تصب به بشكل مباشر ثم تنقل من المياه إلى باقي أحواض السبخة من خلال الممرات المائية سابقة الذكر.

ويؤدي استخدام مبيدات الآفات والأسمدة الزراعية إلى تراكم بعض المكونات الكيميائية في مياه الصرف الزراعي والتي بدورها تغير التركيب الكيميائي للسبخة، إلا أن بعض الخصائص الكيميائية في مياه السبخة وُجدَ أنها مازالت في حدودها الآمنة من الملوثات المائية، فيتم قياس ذلك في نهايات نقط استقبال خطوط نقل مياه الصرف الزراعي؛ لتكون في الحدود الآمنة وخصوصاً أن مياه الصرف الزراعي تدخل في الري مرة أخرى بعد معالجتها وما يصل منها إلى مياه السبخة الفائض عن ذلك.

صورة (٢٥) : قناة الصرف الرئيسة D٢ التي تصب في سبخة الأصفر ويظهر حواجز خرسانية للتقليل من حركة التيار أثناء دخوله غلى القناة – اتجاه التصوير نحو الغرب –

فعلى الرغم من أن قناة الصرف هي شريان الحياة الحالي لضمان بقاء السبخة والحفاظ عليها من تعرضها للجفاف من خلال البخر وخاصة بعد انخفاض مستوي مياه العيون والآبار المحيطة بالسبخة إلا أنها تعد مصدر التلوث المائي لمياه السبخة إذا لم يُرشَد ويُقنن استخدام المبيدات والأسمدة الزراعية والمخصبات التي تخلف دائماً تغيراً في التركيب الكيميائي لمياه الصرف الزراعي، مما يعرضها للتلوث وبالتالي يؤثر على نمو النبات بالسبخة وتلوث الكائنات الحية بها مثل الأسماك.

٣) تنمية السبخة :

توفر بيئة السبخة مجموعة من مقومات التنمية الاقتصادية بها، وذلك من خلال وجود الظاهرات الجيومورفولوجية بها كالشواطئ الرملية، والمسطحات الملحية، والسبخات، والكثبان الرملية، بالإضافة إلى المسطح المائي للسبخة، والجزر بها، والتي يمكن استثمارها بما ينظم الاستخدام الأمثل وتوظيف هذه الإمكانات في تنمية

المنطقة والبعد عن أماكن الأخطار بها حتى نصل إلى مرحلة استثمار قوى الطبيعة لا الوقوف أمامها مما يعرض الاستثمار الاقتصادي فيها للأخطار الطبيعية بصفة عامة والأخطار الجيومورفولوجية بصفة خاصة، وفيما يلى عرض الأماكن المثلى للتنمية في المنطقة، ونوع التنمية بها حسب كل مقوم طبيعي بها .

أ- التنمية السياحية :

تعد التنمية السياحية من أعمدة التنمية في المنطقة؛ لتوافر مجموعة من المقومات بها مثل: الشواطئ الرملية للسبخة، والجزر، والمسطح المائي، فهي ظاهرات جيومورفولوجية جاذبة للإنسان؛ لوجود منظر طبيعي خلاب في وسط بيئة صحراوية جافة، وخصوصا في فصول الربيع والخريف والشتاء حيث تقل درجات الحرارة عن معدلاتها المرتفعة لتصبح بيئة ملائمة للتنمية السياحية.

وبدراسة توزيع الظاهرات والبعد عن بعض أماكن الأخطار الجيومورفولوجية بالمنطقة، أمكن اقتراح بعض الأماكن للتنمية السياحية، وذلك من خلال مد مجموعة من الطرق المقترحة وإنشاء مجموعة من الاستراحات في الأماكن الملائمة لذلك؛ حتى يستفاد بشكل آمن ومنظم مما توفره الظاهرات الجيومورفولوجية من منظر يجذب مرتادي المنطقة.

وبرصد الأماكن المقترحة التنمية السياحية بالمنطقة، نجد أنها تقع في الشواطئ الجنوبية للسبخة، وبعض المناطق في الشواطئ الشمالية من الحوض الغربي أما الحوض الأوسط فسواحلة الجنوبية فقط هي الأمثل، أما الشمالية فتتعرض للتغير من فصل إلى آخر؛ بسبب ظروف التغيرات في هيدرولوجية الحوض، أما الحوض الشرقي فلا يصلح لأنشطة التنمية السياحية؛ لتغير شواطئه خلال فصول العام الواحد.

كما يمكن الاستفادة من المسطح المائي للسبخة في رحلات المراكب العادية والطيران الشراعي بها؛ لجمال مظهره، واقتراح أماكن لصيد الأسماك بشكل ترفيهي لهواه الصيد، وفقا للقواعد المنظمة بما لا يضر بالبيئة الطبيعية بالمنطقة.

ب- التنمية الزراعية :

تعد التنمية الزراعية من أكثر الأماكن ارتباطاً بالأرض المستوية السطح في المنطقة، والتي تضم مناطق السبخات؛ ولذلك يمكن استثمارها زراعياً بزراعة سلالات من النباتات التي تتحمل الملوحة المرتفعة في بيئة السبخات، كما يمكن زراعة أماكن الكثان الرملية؛ لتثبيتها من خلال زراعتها، وكذلك في الحصول على إنتاج زراعي ويشجع على ذلك مياه السبخة التي يمكن الاستفادة منها بشكل مقنن يتناسب مع التدفق المائي الوارد إليها، وخصوصا أن مياه الصرف الزراعي الواردة إلى السبخة معالجة ومتهيئة الإعادة استخدامها في الزراعة.

فيمكن زراعة نباتات تُستَغل كغذاء رعوي وتتحمل ارتفاع الملوحة مثل: نباتات القطف، واللوسينيا، والأكاسيا، وهي من النباتات الرعوية والتي تتحمل الجفاف وارتفاع الملوحة في التربة (النصر، ١٩٩١، ص ٢٠٣) وذلك في أماكن السبخات الرطبة وخصوصا في المناطق الجنوبية من الحوض الأوسط للسبخة، وكذلك المناطق التي تقع شمال الحوض الأوسط، ويفضل الزراعة في هذه الموضع بالتحديد لتوفر مصدر تغذية لمياه السبخة بها، وتجهيزها بشبكة من القنوات لري تلك النباتات وبالتالي تغير هيدرولوجية السبخة القائمة حاليا، كما يمكن استغلال مياه الأمطار في ريها فهي نباتات لا تحتاج إلى مياه كثيرة مقارنة بالنباتات الأخرى.

كما يمكن زراعة نباتات غذائية مثل: الزيتون، والتين وهما من النباتات التي يمكن زراعتها على تربة السبخات، وتستطيع تحمل ملوحة السبخات، وكذلك درجات الحرارة المرتفعة ولها عائد اقتصادي كبير، كما تعمل على تقليل كميات الملوحة في تربة السبخات وبالتالي تعمل على ثبات الأماكن التي تزرع بها وتجعلها أكثر استقرار وأقل عرضة للتغيرات الهيدرولوجية التي تصيب الجسم المائي للسبخة وخصوصا من فصل الصيف الحار إلى فصل الشتاء البارد فهي تستطيع تحمل الحرارة المرتفعة.

ج- الإنتاج السمكي :

يمكن الاستفادة من الجسم المائي للسبخة في عمليات صيد واستزراع سمكي مقنن لا يضر بالبيئة، بها من خلال إنشاء مزارع سمكية واختيار أنواع اسماك تتحمل الأملاح المرتفعة، ويناسب الحوض الغربي مثل هذا النشاط الاقتصادي وخاصة في

أجزائه الشرقية والوسطى، حيث يمكن إنشاء مزارع سمكية في المناطق العميقة في صورة أقفاص سمكية وبمسافات متباعدة حتى لا تضر ببيئة السبخة.

مع مراعاة أخذ عينات بشكل دوري للأسماك، وتحليل نسب تركز المواد المعدنية فيها، والتي قد تضر بصحة الإنسان في حال ارتفاعها في أجسام الأسماك المصطادة منها، حيث تم رصد ارتفاع في متوسطات تركيز الكادميوم من ٠.٠٠١ إلى٠.٠٣٣ جزء في المليون في أجسام عينات من الأسماك في السبخة (Hussein et al., ٢٠١٦, p. ١٤٨).

مما يستدعي عمل تحليلات لتركيز المعادن في أجسام الأسماك بشكل دوري بالسبخة؛ لأن مياه الصرف الزراعي ترفع من تلك التركيزات في المياه، وبالتالي تنتقل تركيزاتها إلى أجسام الأسماك؛ مما يؤثر على صحة الإنسان وهذا في حال التنمية للإنتاج السمكي من السبخة.

د- التنمية الصناعية :

تتعدد صور التنمية الصناعية في السبخة المعتمدة على الأملاح بأنواعها المختلفة، والمنتشرة في سبخات المنطقة ومسطحاتها الملحية وقد كانت تستغل قديماً في استخراج الأملاح بطرق بدائية من خلال جمعها بحفر حُفرً دائرية تمتلئ بالمياه، ثم يجمعون منها الأملاح بعد تبخرها في فصل الصيف، مما يغير من طبوغرافية أرض السبخات والمسطحات الملحية، ولذلك يمكن تنمية السبخة في العديد من الاستخدامات الصناعية سنتناولها فيما يلي:

- **استخراج الملح** : يمكن تنمية السبخة في استخراج الأملاح من أرض السبخات والمسطحات الملحية، وخاصة من الحوض الشرقي للسبخة والذي يتعرض بشكل كبير للتغيرات؛ بسبب ارتفاع درجات الحرارة، مما يؤدي إلى تبخر المياه وتركز الأملاح في أراضي السبخات والمسطحات الملحية به؛ مما يمكن استغلاله في استخراج الملح الذي يدخل كمادة خام في تصنيع عدد من المنتجات الصناعية التي تدخل في العديد من الصناعات الأخرى مثل صناعة ملح الطعام واستخدامه في دباغة الجلود وتجفيف الأسماك.

- **إنتاج الجبس** : يعد الجبس أحد الرواسب في منطقة السبخة والتي تتركز في الحوضين الشرقي والأوسط للسبخة، ويتكون نتيجة تبخر المياه التي ترتفع فيها نسبة كبريتات الكالسيوم، والتي بلغت في مياه السبخة ١٠٠١.٧ جزء في المليون بالمتوسط العام للسبخة، وترتفع نسبته في الحوض الشرقي لنحو ٢٥٣١.٥ جزء في المليون، مما تشجع هذه النسب على استخراج الجبس بعد تبخر المياه، ويدخل الجبس في صناعة الأسمنت، وصناعة الزجاج، والصيني، ويدخل أيضاً في صناعة المبيدات الحشرية، وصناعة الأسمدة.
- **صناعة الزيوت** : تتمتع النباتات في السبخة بقدرتها على تحمل درجات الملوحة العالية، وخاصة نبات الهالوفيت الذي يمكن التوسع في زراعته لاستخراج زيوت صالحة للاستخدام الغذائي وهو خالي من الكولسترول، ويستخرج هذا الزيت من البذور بطريقة مشابهة للطريقة التي يُستخَرج بها الزيت من بذور الصويا، كما يمكن التوسع في زراعة أشجار الزيتون لاستخرج زيت الزيتون، وهو زيت ذو عائد اقتصادي كبير، وذلك من خلال تغيير سلوك النطاقات السبخية، والاستعانة بمياه الصرف الزراعي لرية على فترات متباعدة.
- **الصناعات الطبية** : تُستخَدم الكثير من النباتات المتحملة للملوحةُ والتي تنمو بأرض منطقة السبخة مثل: نبات الطرفا الذي تستخدم أوراقه في علاج الإسهال كما يستخرج من بذور نبات الرطريط علاج للروماتيزم وارتفاع ضغط الدم، ويستخدم نبات الساليكورنيا لعلاج الروماتيزم وألام المفاصل وتستخدم كمسكن عام، وبذلك يمكن استخدامها في التنمية الاقتصادية من خلال التوسع في الصناعات الطبية المستخرج منها تلك المكونات وتتركز وجود هذه النباتات بكثرة في المستنقعات النباتية بالمنطقة والتي تتركز بالحوض الغربي للسبخة.

مما سبق نجد أن المنطقة تتمتع بمجموعة من المقومات للتنمية بصورها المختلفة التي تحتاج إلى الاستثمار بشكل مرشد لا يضر بظاهراتها الطبيعية بها ولا بالبيئة الطبيعية بل استثمار استخدامها والاستفادة منها اقتصادياً.

النتائج والتوصيات :

تتمتع منطقة سبخة الأصفر بمجموعة من الخصائص الطبيعية التي أسهمت بجعلها منطقة جذب للسكان في النواحي الترفيهية، حيث ساعد على ذلك مظاهر سطحها وجيولوجيتها، ومناخها، وهيدرولوجيتها، ونشأتها المتطورة والمتغيرة من كونها سبخة بحرية إلى سبخة قارية ثم إلى سبخة بها ماء.

تحولت سبخة أم حيشة إلى سبخة" بحيرة الأصفر" بعد ان اتصلت بقناة الصرف الزراعي الرئيسة D٢ التي زودتها بمياه جعلتها تتحول إلى سبخة مائية ويظهر بها التغير ما بين أحواضها الثلاث الرئيسة خلال فصول السنة، وخاصة من فصل الصيف الذي يزداد فيه التبخر إلى فصل الشتاء الذي تسقط فيه الأمطار عليها وعلى الرغم أنها قليلة الا أنها تعد مصيدة للمياه التي تتجمع من الكثبان الرملية المحيطة بالسبخة.

ساعدت جيولوجية المنطقة من رواسب النيوجين، وتكوينات الهفوف، واللدام، والهيدروح، والتكوينات الثلاث السابقة تتبع الزمن الثالث، والتي تعود إلى عصري الميوسين والبلايوسين، وتظهر سطحياً في الكتل الجبلية المحيطة بالمنطقة وتختفي تحت تكوينات الزمن الرابع الأحدث.

ويعد العامل البشري من أكبر المؤثرات التي ساهمت في تشكيل هيدرولوجية السبخة في الوقت الحالي، من خلال إنشاء قناة الصرف الرئيسة التي تصب مياه الصرف الزراعي إلى السبخة بكميات بلغت ٢٧.٨ مليون م٣/سنة مما أسهم بشكل كبير في التغيرات الهيدرولوجية للسبخة.

تتسم خصائص المناخ بمنطقة الدراسة بوجود فصل صيف طويل شديد الحرارة والجفاف، وشتاء دافئ إلى بارد وهو طويل أيضاً ويتميز بسقوط القليل من الأمطار، بينما يمر فصل الربيع والخريف بسرعة بوصفهما فصلين انتقالين قصيرين، ويعد مناخ فصل الربيع الملائم لتحرك السكان للذهاب إلى السبخة.

تتسم الخصائص المورفومترية للسبخة بالتغير من الحوض الغربي إلى الحوض الشرقي إلى الأوسط فيبلغ المتوسط العام لطول السبخة في الأحواض الثلاث إلى ٧.٧٨ كم، بينما يبلغ المتوسط العام لعرض السبخة بنحو ٤.٣١ كم، أما محيط

السبخة فبلغ نحو ٢٤.٣٦ كم، وتبلغ متوسط مساحة السبخة نحو ١٣.٧١ كم^{٢}، وتتعرض تلك الخصائص للتغير من فصل إلى آخر وخاصة في الحوض الشرقي فهو أكثر الأحواض تغيراً.

تتسم منطقة سبخة الأصفر بمجموعة من الظاهرات الجيومورفولوجية والتي تم رصد العديد منها وهي الكثبان، والنيم، والشواطئ الرملية للسبخة، والمستنقعات النباتية، والجزر، والالسنة الرملية، والنباك، والسبخات، والمسطحات الملحية، والسياحات.

تتعرض المنطقة إلى مجموعة من الأخطار الجيومورفولوجية أهمها تغير خط الشاطئ للسبخة من عام لآخر ومن فصل لآخر، مما يؤثر بشكل مباشر على استخدام المنطقة بأمان وبدون أخطار متفاوتة، كما يودي تغير الخصائص الكيميائية لمياه السبخة إلى أخطار على الظاهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة، كما تتعرض المنطقة إلى أخطار التجوية الملحية، والتي تظهر بشكل كبير في الحوض الشرقي، بالإضافة إلى زحف الرمال وخاصة في السواحل الشمالية في السبخة.

توصي الدراسة بتنظيم الاستخدامات المؤثرة على الظاهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة، والتي يمكن حصرها في أثر حركة السيارات، وأثر استخدامات الأرض، وتلوث مياه السبخة المؤثر على النظم البيئة في السبخة، من خلال الاستخدام الأمثل الذي لا يضر بالظاهرة وتفادى الأخطار المؤثرة فيها.

توصي الدراسة باستخدام المقومات الطبيعية بالمنطقة، والتي تتوفر في بيئة السبخة ولها مقومات التنمية الاقتصادية بها، وذلك من خلال استخدام الشواطئ الرملية في التنمية السياحية المنظمة، واستخدام المسطحات الملحية والسبخات في التنمية الاستخراجية للأملاح والجبس، بالإضافة إلى استخدام المسطح المائي للسبخة والجزر بها في عملية التنمية والاستزراع السمكي من خلال الأقفاص السمكية.

كما توصي الدراسة باستخدام منظم للاستفادة من ظاهرة السبخات في زراعتها بمحاصيل تتحمل الملوحة، ولها عائد اقتصادي فنحصل منها على الزيوت والأعلاف والرعي والاستخراجات الطبية، وبذلك نصل إلى مرحلة استثمار قوى الطبيعة لا الوقوف أمامها مما يعرض الاستثمار الاقتصادي للأخطار، فلابد أن تُستثمر كل

ظاهرة من الظاهرات الجيومورفولوجية في التنمية التي تكون هي مقوماً لها كاستخدام الشواطئ الرملية في التنمية السياحية، فهو مكان ملائم لذلك ويبعد عن مناطق الأخطار الجيومورفولوجية مما يجعله استخداماً آمناً.

المراجع

أولاً – المراجع العربية :

١. أمانه الأحساء (٢٠١٣): الأوضاع الراهنة لحاضره الاحساء، الهفوف والمبرز، الجزء الأول، الاحساء.

٢. أمين محمود عبد الله (١٩٧٨): واحات الأحساء: دراسة في الخلفية الجغرافية للتنمية، دارة الملك عبد العزيز، السعودية.

٣. جودة حسنين جودة (١٩٩٤): المياه الجوفية والتنمية في صحاري العالم العربي، الجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت.

٤. جودة حسنين جودة (١٩٩٧): الجغرافيا الطبيعية للزمن الرابع، زمن الجليد والمطر، مع التطبيق على أراضي العالم العربي، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

٥. جودة حسنين جودة (١٩٩٨): الجيومورفولوجيا، علم أشكال سطح الأرض، مع التطبيق بأبحاث في جيومورفولوجية العالم العربي، منشأة المعارف، الإسكندرية.

٦. جودة حسنين جودة، ومحمود عاشور (١٩٩١): وسائل التحليل الجيومورفولوجي، الطبعة الأولي، القاهرة.

٧. جهاد على الشاعر (١٩٩٥): علم المياه (الهيدرولوجى)، منشورات جامعة دمشق، دمشق.

٨. خليفة لكويتي، صلاح سي أحمد (٢٠٠٤): الرصد الهيدروجيولوجي لتكوين النيوجين ضمن نطاق مشروع الري والصرف بالأحساء، هيئة الري والصرف بالأحساء، السعودية.

٩. حسن السيد أحمد أبو العينيين (١٩٨٩): أصول الجيومورفولوجيا، الطبعة العاشرة، الإسكندرية.

١٠. زين العابدين عبد الرحمن رجب (١٩٩٠): واحة الأحساء: دراسة في مواردها المائية وتأثيرها في الاستخدام الريفي للأرض، دارة الملك عبد العزيز، السعودية.

١١. صبحي يوسف عيد (١٩٧٨): الجغرافيا الزراعية لواحة الاحساء، رسالة دكتوراه غير منشور، كليه الآداب، جامعه القاهرة.
١٢. طرفة عبد الرحمن محمد الغنام (١٩٩٧) استغلال الأراضي في إقليم الأحساء، رسالة ماجستير منشورة، نادى المدينة المنورة الأدبي الثقافي، المدينة المنورة.
١٣. عاطف معتمد عبد الحميد (٢٠٠٨): الاستفادة من بيانات الاستشعار عن بعد في دراسة الأراضي الرطبة: منطقة الإحساء –شرق السعودية، الجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت.
١٤. علي عبد الوهاب شاهين (١٩٧٧): بحوث في الجيومورفولوجيا، منشأة المعارف، الإسكندرية.
١٥. عبد الله أحمد سعد الطاهر (٢٠٠٠): الأحساء: دراسة جغرافية، الدارة، العدد ٣ السنة٢٦، دارة الملك عبد العزيز، السعودية.
١٦. عبد الله ناصر الوليعي (١٩٩٤): أشكال الأرض في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية دراسة جيومورفولوجية، مجلة جامعة الأمام محمد بن سعود الإسلامية، العدد ١١، الرياض.
١٧. محمد صبري محسوب (٢٠٠١): أطلس الأشكال الجيومورفولوجية، القاهرة.
١٨. محمد صبري محسوب (١٩٩٠): الظروف المناخية بالأحساء، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ١٣٥
١٩. محمد صبري محسوب سليم (١٩٩٦): البيئة الطبيعية خصائصها وتفاعل الإنسان معها، دار الفكر العربي، القاهرة.
٢٠. محمد صبري محسوب ومحمد إبراهيم أرباب (١٩٩٨): الأخطار والكوارث الطبيعية الحدث والمواجهة، معالجة جغرافية، دار الفكر العربي.
٢١. محمد بن عبد الغنى عثمان (١٩٩٧) أساسيات علم الأرض، الجيولوجيا الفيزيائية، دار المريخ، الرياض
٢٢. محمد مجدي تراب (١٩٩٣): أشكال الصحاري المصورة، بالمناطق الجافة وشبه الجافة، منشأة المعارف، الإسكندرية.
٢٣. محمد مجدي تراب (٢٠٠٥): أشكال سطح الأرض، منشأة المعارف، الإسكندرية.

٢٤. مريم بنت غانم مفلح القحطاني (٢٠٠٣): أشكال سطح الأرض بمنخفض الاحساء – دراسة جيومورفولوجيه، رسالة دكتوراه غير منشوره، كليه الآداب، الإدارة العامة لكليات البنات بالمنطقة الشرقية.
٢٥. مشاعل محمد آل سعود (٢٠٠٤): تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الكثبان الرملية في واحة الإحساء، رسائل جغرافية ٢٨٥، الكويت.
٢٦. مفرح بن معلق عجاج الرويلي (٢٠٠٣): استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة التوسع العمراني لواحة الأحساء أبحاث الملتقى الثالث للجغرافيين العرب " المدن الكبرى في الوطن العربي" الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض.
٢٧. نجلاء أحمد حسين (١٩٩٩): الإنسان والتغير البيئي في بحيرتي إدكو ومريوط دراسة في الجغرافية البيئية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
٢٨. هيئة الري والصرف (٢٠١٦): التقرير المصور "خدمات وإنجازات"، وزاره الزراعة والمياه، الاحساء.
٢٩. يحيى محمد شيخ أبو الخير(١٩٨٥): زحف الرمال بفعل الرياح بواحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية مجلة كلية الآداب، جامعة الملك سعود، السعودية.

ثانياً – المراجع غير العربية :

١. A.S. El Mahmoudi, M.A. Massoud, Y.Y. Al-Dakheel and A.H.A. Hussein, (٢٠٠٩): Studies of Al Asfar & Al Uyoun evaporation lakes Water quality and the potential of its reuse in agriculture activities, Al Hassa area, KSA, Water Studies Center, King Faisal University, KSA.
٢. Al Dakheel, Y.Y, (٢٠٠٩): Spatial Modeling for Groundwater Salinity: Neogene Aquifer, Al-Hassa, Saudi Arabia. J. Environmental. Hydrogeology,١٧،١-٩.
٣. Abderrahman, W.A. and Bader, T.A., (١٩٩٢): Remote-Sensing application to the management of agricultural drainage water in severely arid region - a Case-Study. J. Remote Sensing of Environment: ٤٢: ٢٣٧-٢٤٦.
٤. Adel H.A. Hussein, Ahmed S. El Mahmoudi, and Ahmed A. Al Naeem, (٢٠١٦): Assessment of the Heavy Metals in Al Asfar Lake, Al-Hassa, Saudi Arabia, Water Environment Research, Volume ٨٨, Number ٢.

٥. Abdel-Moneim, A.M., (٢٠١٤): Histopathological and Ultrastructural Perturbations in Tilapia Liver as Potential Indicators of Pollution in Lake Al-Asfar, Saudi Arabia. Environ Sci. Pollut. Res Int., ٦, ٤٣٨٧-٤٣٩٦.
٦. Al-Sheikh, H. and Fathi, A.A. (٢٠١٠): Ecological Studies on Al-Asfar Lake, Al-Hassa, Saudi Arabia, with Special References to the Sediment, Res. J. Environ. Sci., ٤, ١٣-٢٢.
٨. Miller, V.G. (١٩٥٣): A Quantitaive geomorphic Study of Drainage Basin Caracteristics in the Clinch Mountain Area. Columbia University.
٩. Shumm, S.A. (١٩٥٦): The Evolution of change systems and slopes in badland at penth Ambay, New Jersey.

Geomorphological Changes of Salt-marsh Al - Ahsfar in East of Saudi Arabia

ABSTRACT

Salt-marsh al-Asfar is located in Al-Ahsa, east of Saudi Arabia, to the north-west of Hofuf. Salt-marsh al-Asfar extends irregularly from the south-east to the northwest, where sand dunes intersect with it. The al-Salt-marsh occupies the lower plateaus of the area, The aim of the research is to monitor the geomorphological changes of the Al - Ahsfar sphincter and the associated phenomena, to determine their morphometric properties and the changes that have occurred, as well as to monitor the geomorphological phenomena and their impact on the changes in the salt-marsh. A distinctive sale of the Salt-marsh Al - Ahsfar Lake area, which includes a study: The morphology of the salt-marsh, which includes: length, width, area, and the development of the coastline, as well as the study of shape coefficients, which include: elongation coefficient, and geomorphological phenomena in the region, including sand dunes, sandy beaches, plant swamps, islands, sand dunes, swamps, saline surfaces, and tourism. The study also examined geomorphology associated Human use by identifying hazards: The study concerned the study of the effect of human applications on geomorphological forms, which included the effect of: movement of cars, land use, and pollution of salt-marsh water with wastewater. The study examined the development methods of salt-marsh through development Tourism, agricultural development, fish production and industrial development. The research concluded with a set of results, most notably the systematic use of salt-marsh phenomenon to reach the stage of investment of the forces of nature, Every phenomenon of geomorphological phenomena in development, such as the use of sandy beaches in tourism development, must be invested in a suitable place and away from geomorphological hazards, making it a safe use.

Key Words: Salt-marsh / al-Asfar / phenomena, Geomorphological Changes.

الإصدارات السابقة
لسلسلة البحوث الجغرافية

١. Dental Conditions of the Population of Maadi Culture as Affected by the Environment. (In English) by "F. Hassan et al." (١٩٩٦).
٢. هضبة الأهرام: أشكالها الأرضية ومشكلاتها، أ.د. سمير سامى، ١٩٩٧.
٣. القرى المدمرة فى فلسطين حتى عام ١٩٥٢، أ.د. يوسف أبو مايلة وآخرون، ١٩٩٨.
٤. جيومورفولوجية منطقة توشكى وإمكانات التنمية، أ.د. جودة فتحى التركمانى، ١٩٩٩.
٥. موارد الثروة المعدنية وإمكانات التنمية فى مصر، د. أحمد عاطف دردير، ٢٠٠١.
٦. صورة الأرض فى الريف، د. محمد أبو العلا محمد، ٢٠٠١.
٧. القاهرة: الأرض والإنسان، أ.د. سمير سامى محمود، ٢٠٠٣.
٨. الماء والأفلاج والمجتمعات العمانية، د. طه عبد العليم، ٢٠٠٤.
٩. المناطق الخضراء فى القاهرة الكبرى، د. أحمد السيد الزاملى، ٢٠٠٥.
١٠. التنمية السياحية بمدينة الغردقة وأثرها السلبى على البيئة، د. ماجدة محمد أحمد، ٢٠٠٥.
١١. بين الخرائط التقليدية وخرائط الاستشعار عن بعد، د. هناء نظير على، ٢٠٠٦.
١٢. الواقع الجغرافى لمدينة سيوة، د. عمر محمد علي، ٢٠٠٦.
١٣. صادرات الموالح المصرية إلى السوق العربية الخليجية، أ.د. إبراهيم غانم، ٢٠٠٦.
١٤. الجغرافيا الاقتصادية فى ضوء المتغيرات العالمية المعاصرة، أ.د. إبراهيم الديب، ٢٠٠٦.
١٥. الأبعاد الجغرافية للسياحة العلاجية فى مصر، د. فاطمة محمد أحمد، ٢٠٠٦.
١٦. تحليل جغرافى لحركة النقل على مداخل مدينة المحلة الكبرى، د. عبد المعطى شاهين، ٢٠٠٧.
١٧. المقومات الجغرافية للتنمية السياحية فى محافظة الوادى الجديد، د. المتولي السعيد، ٢٠٠٧.
١٨. الهجرة العربية الدائمة إلى الولايات المتحدة الأمريكية من ١٩٨٠ إلى ٢٠٠٤، د. أشرف عبده، ٢٠٠٧.
١٩. مياه الشرب فى مدينة الجيزة، د. فاطمة محمد أحمد عبد الصمد، ٢٠٠٧.
٢٠. الجيوب الريفية المحتواة فى التجمعات الحضرية المخططة بمدينة الجيزة، د. أشرف عبده، ٢٠٠٧.
٢١. الأبعاد الجيوديموجرافية لانتخابات مجلس الشعب المصرى عام ٢٠٠٥، د. سامح عبد الوهاب، ٢٠٠٨.
٢٢. الأوقاف الخيرية فى مصر، أ.د. صلاح عبد الجابر عيسى، ٢٠٠٩.
٢٣. صناعة السيارات فى مصر، أ.د. محمد محمود إبراهيم الديب، ٢٠٠٩.
٢٤. المناخ والملابس فى مدينة الرياض، د. هدى بنت عبد الله عيسى العباد، ٢٠٠٩.
٢٥. قضايا الطاقة فى مصر، أ.د. محمد محمود إبراهيم الديب، ٢٠٠٩.
٢٦. الثروة المعدنية فى محافظة المنيا، د. أحمد موسى محمود خليل، ٢٠٠٩.
٢٧. التباينات اليومية لدرجة الحرارة بمدينة مكة المكرمة. د. مسعد سلامة، ٢٠٠٩.

٢٨. التحليل الجغرافى لدلالة أسماء المحلات العمرانية بمنطقتي عسير وجيزان، د. إسماعيل يوسف، ٢٠٠٩.
٢٩. تحليل جغرافى لمنطقتين عشوائيتين فى مدينة جدة، د. أسامة جستنية و أ. مشاعل المالكي، ٢٠٠٩.
٣٠. الفقر فى غرب إفريقيا، د. ماجدة إبراهيم عامر، ٢٠١٠.
٣١. بعض ملامح التنمية العمرانية فى محافظة المجمعة (السعودية)، د. علاء الدين عبد الخالق علوان، ٢٠١٠.
٣٢. تنمية السياحة البيئية والأثرية بمنطقة حائل، د. عواطف بنت الشريف، ٢٠١٠.
٣٣. سكان سلطنة عُمان، د. جمال محمد السيد هنداوى، ٢٠١٠
٣٤. التجديد العمرانى للنواة القديمة بالمنصورة، د. مجدى شفيق السيد صقر، ٢٠١١.
٣٥. تغير المعطيات المكانية وأثرها فى التنمية السياحية بقرية البهنسا، د. ماجدة جمعة، ٢٠١١.
٣٦. الاتجاهات الحديثة فى جغرافية الصناعة، أ.د. إبراهيم على غانم، ٢٠١١.
٣٧. المعايير التخطيطية للخدمات بالمملكة العربية السعودية، د. نزهه يقظان الجابري، ٢٠١١.
٣٨. تداخل المياه البحرية والجوفية بشمال الدلتا بين فرعي دمياط ورشيد، د. أحمد صابر، ٢٠١١.
٣٩. أحجار الزينة فى المملكة العربية السعودية، د. شريفة معيض دليم القحطاني، ٢٠١١.
٤٠. التنوع الحيوى بإقليم الجبل الأخضر بالجماهيرية العربية الليبية، د. عادل معتمد، ٢٠١١.
٤١. التحليل المكاني للتغيرات العمرانية واتجاهاتها الحالية والمستقبلية في المدينة المنورة للفترة من (١٣٦٩-١٤٥٠هـ) الموافق (١٩٥٠-٢٠٢٨م)، د. عمر محمد على محمد، ٢٠١١.
٤٢. المراوح الفيضية وأثرها على طريق قفط – القصير، د. محمد عبد الحليم حلمي، ٢٠١٢.
٤٣. أطالس فرنسية : عرض وتحليل، د. عاطف حافظ سلامه، ٢٠١٢.
٤٤. التنوع المكانى لأنماط النمو الريفى فى المنطقة الغربية بالسعودية، د. محمد مشخص، ٢٠١٢.
٤٥. الحافة الحضرية لمدينة المحلة الكبرى : رؤية جغرافية، د. أحمد محمد أبو زيد، ٢٠١٢.
٤٦. الخصائص المكانية والخدمية للمجمعات التجارية، د. عبدالله براك الحربي، ٢٠١٢.
٤٧. أخطار التجوية الملحية على المباني الأثرية بمدينة القاهرة، د. أحمد صابر، ٢٠١٢.
٤٨. تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجرى الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مدينة مكة المكرمة، د. محمد سعيد البارودي، ٢٠١٢.
٤٩. التساقط الصخري والتراجع الساحلي في منطقة عجيبة السياحية، د. طارق كامل، ٢٠١٢.
٥٠. جغرافية التنمية الاقتصادية بمنطقة ساحل محافظة كفر الشيخ، د. محروس المعداوى، ٢٠١٢.
٥١. الضوابط المناخية للعجز المائى فى شبه جزيرة سيناء، د. صلاح عماشة، ٢٠١٢.
٥٢. الضوابط البيئية للسياحة بمحافظة الفيوم، د. فاطمة محمد أحمد عبد الصمد، ٢٠١٢.
٥٣. مواقف السيارات والأزمة المرورية بمحافظة القاهرة، د. رشا حامد سيد حسن بندق، ٢٠١٢.

٥٤. ثلاثون عاما من النمو العمرانى الحضرى بمحافظة أسوان، د. أشرف عبد الكريم، ٢٠١٢.
٥٥. الخريطة الجيومورفولوجية لجبل عير بالمدينة المنورة، د. متولي عبد الصمد، ٢٠١٢.
٥٦. المدينة الصناعية الثانية بمدينة الرياض، د. عبد العزيز بن إبراهيم الحرة، ٢٠١٢.
٥٧. التغير الكمي والنوعي لاستخدامات الأرض بأحياء المدينة المنورة، د. عمر محمد على، ٢٠١٢.
٥٨. استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في رصد ومعالجة مشكلة العشوائيات السكنية بالمدينة المنورة، د. عمر محمد على محمد، ٢٠١٢.
٥٩. شارع بورسعيد بالقاهرة : دراسة تحليلية فى جغرافية النقل، د. منى صبحي، ٢٠١٢.
٦٠. التمدد الحضرى لمدينة ديرب نجم، د. مجدى شفيق السيد صقر، ٢٠١٣.
٦١. التحليل المكانى لتوزيع خدمة محطات تعبئة وقود السيارات بمدينة مكة، د. عمر محمد، ٢٠١٣.
٦٢. تحليل جغرافي للتعليم الأساسي بقرى مركز أطفيح، د. فاطمة عبد الصمد، ٢٠١٣.
٦٣. نظم المعلومات الجغرافية ودعم اتخاذ القرار التنموي، د. عاطف حافظ سلامه، ٢٠١٣.
٦٤. جيومورفولوجية قاع الفريح شرق المدينة المنورة وإمكانات التنمية، د. متولي عبد الصمد، ٢٠١٣.
٦٥. ملامح الفقر الحضري وخيارات التنمية، د. إسماعيل يوسف إسماعيل، ٢٠١٣.
٦٦. Abha Town (Kingdom of Saudi Arabia): A Study in Social Area Analysis. (In English) by "Dr. Ismail Youssef Ismail" (٢٠١٣).
٦٧. نحو صناعة مطورة لحماية البيئة في محافظة أسيوط، د. أحمد عبد القوى أحمد، ٢٠١٣.
٦٨. الرؤية الجغرافية لواقع ومستقبل خريطة استخدامات الأرض بوسط م الرياض، د. أشرف عبد الكريم، ٢٠١٣.
٦٩. تنمية النقل البحرى والخدمات اللوجستية فى إقليم قناة السويس، د. منى صبحي نور الدين، ٢٠١٣.
٧٠. استخدامات الأرض في حلوان، د. فاطمة عبد الصمد، ٢٠١٣.
٧١. تحليل جغرافى لبعض حوادث السكك الحديدية المصرية، د. منى صبحي، ٢٠١٤.
٧٢. خصائص المحلات العمرانية على الجزر الرملية، د. إسماعيل يوسف إسماعيل، ٢٠١٤.
٧٣. تيسير الوصول إلى الخدمات العامة فى مدينة أسوان، د. أشرف عبد الكريم، ٢٠١٤.
٧٤. الأبعاد الجغرافية لهجرة المصريين غير الشرعية إلى أوروبا، د. محمد حسانين، ٢٠١٤.
٧٥. التباين المكاني لمحطات الوقود في المدينة المنورة، د. أشرف على عبده، ٢٠١٤.
٧٦. المخلفات الصلبة في مدينة الجيزة، د. فاطمة محمد أحمد عبد الصمد، ٢٠١٤.
٧٧. جيومورفولوجية ساحل البحر الأحمر بين رأسي بناس وغارب، د. محمد عبد الحليم، ٢٠١٤.
٧٨. التحولات العمرانية في منطقة النواة بمدينة أبوعريش، د. سعيد محمد الحسيني، ٢٠١٤.
٧٩. الضجة المرورية والسائدة بمدينة شبين الكوم، د. إسماعيل علي إسماعيل، ٢٠١٤.
٨٠. الأبعاد الجغرافية للاتصالات السلكية واللاسلكية فى مدينة طنطا، د. عبدالسلام عبدالستار، ٢٠١٤.

٨١. مستقبل زراعة المحاصيل الزيتية في مصر، د. صبري زيدان عبد الرحمن، ٢٠١٤.
٨٢. تغير مساحة الأراضى الزراعية غربىً دلتا النيل، د. بهاء فؤاد مبروك، ٢٠١٤.
٨٣. أماكن النحر بمنى، د. فائزة محمد كريم جان عبد الخالق، ٢٠١٤.
٨٤. جغرافية النقل العام بالحافلات في محافظة الدقهلية، د. محمد صبحي إبراهيم، ٢٠١٥.
٨٥. التقييم الاقتصادى والبيئى لخريطة التغيرات فى استخدامات الأرض، د. مسعد بحيرى، ٢٠١٥.
٨٦. القوة العاملة المنزلية الوافدة من الإناث فى المملكة العربية السعودية، د. اشرف عبده، ٢٠١٥.
٨٧. التحليل المكانى لنفوذ محطات تقوية شبكات المحمول وكفاءتها فى مدينة بنها، د. مسعد بحيرى، ٢٠١٥.
٨٨. الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر، د. أحمد موسى محمود خليل، ٢٠١٥.
٨٩. الأبعاد المكانية للإصابة بعدوى أنفلونزا الطيور في مصر، د. صبحي رمضان، ٢٠١٦.
٩٠. الخريطة الجيومورفولوجية لمنطقة فوهة الوعبة بالسعودية، د. هيا بنت محمد العقّيل، ٢٠١٦.
٩١. رصد التغيرات والأخطار الجيومورفولوجية الناجمة عن بناء قناطر نجع حمادي، د. أحمد صابر، ٢٠١٦.
٩٢. التجارة الخارجية المصرية مع الأسواق العربية (٢٠٠٠-٢٠١٤م)، د. رضا سليم، ٢٠١٦.
٩٣. جيومورفولوجية جبل القارة بالإحساء شرق المملكة العربية السعودية، د. محمد عبد الحليم، ٢٠١٦.
٩٤. الأبعاد المكانية لحالات العنف ضد المرأة في مدينة الرياض، د. ابتسام إبراهيم القاضي، ٢٠١٦.
٩٥. الشوارع التجارية الرئيسية في المدينة المنورة، د. اشرف علي عبده، ٢٠١٧.
٩٦. الحراك السكني في المدينة المنورة، د. اشرف علي عبده، ٢٠١٧.
٩٧. التحليل الجيومورفولوجي لمنحدرات الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، د. هبه صابر دسوقي، ٢٠١٧.
٩٨. السياحة الثقافية والصناعات التراثية بمناطق العمران التقليدي بسلطنة عمان، د. سيد رمضان، ٢٠١٧.
٩٩. الصقيع وتأثيره على بعض المحاصيل الزراعية بمنطقتي حائل والقصيم، مشبب بن محمد، ٢٠١٧.
١٠٠. العمالة السياحية فى محافظة البحر الأحمر، د. راوية محسوب، ٢٠١٧.
١٠١. تراتبية العمالة وفقا للجنسية في سوق العمل في سلطنة عمان، د. منتصر إبراهيم وآخرون، ٢٠١٧.
١٠٢. حالة الهواء ومواقع المنشآت التعليمية والصحية بمدينة سوهاج، د. إسماعيل علي إسماعيل، ٢٠١٧.
١٠٣. الشروم على الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية، د. وفاء صالح على الخريجي، ٢٠١٧.
١٠٤. الفاعلية التسويقية لبورصة الأسماك بمحافظة كفرالشيخ، د. إيهاب لطفي البرنس، ٢٠١٧.
١٠٥. مظاهر الضعف الصخري ودورها الجيومورفولوجي في تشكيل هشيم المنحدرات، د. أحمد صابر، ٢٠١٧.

١٠٦. الاحترار العالمى ومستقبل استهلاك الطاقة المنزلية في مصر (الأثر والتكيف). د. محمد توفيق محمد ابراهيم، .٢٠١٨

١٠٧. ديناميكية استخدام الأرض بالعزيزية فى مكة المكرمة، عفاف عبد الله أحمد القاسمي و أ.د. عاطف حافظ سلامة، ٢٠١٨.

١٠٨. التباين المناخي بين ساحلي المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، د. سهام بنت صالح العلولا، .٢٠١٨

١٠٩. معبر سمنود النهري بين محافظتي الدقهلية والغربية، د. محمد صبحي إبراهيم، ٢٠١٨.

١١٠. أخطار التجوية على هرمى هوارة واللاهون بمنخفض الفيوم، د. هويدا توفيق أحمد حسن، ٢٠١٨.

١١١. الاتجاهات طويلة الأمد لتطرفات الحرارة اليومية في الدلتا المصرية خلال الفترة ١٩٦٠-٢٠١٠م (دراسة مناخية)، د. محمد محمد عبد العال إبراهيم، .٢٠١٨

١١٢. الآثار البيئية للينابيع المائية في مدينة الأنصب – محافظة مسقط: دراسة فى الجغرافيا البيئية، د. علي بن سعيد بن سالم البلوشي وآخرون، .٢٠١٨

١١٣. التحليل المكاني للخدمات التعليمية في مدينة بني سويف وتقييم إمكانية الوصول إليها، د. أنور سيد كامل عامر و د. علاء محمدين حماد عبد القادر، ٢٠١٨.

١١٤. التنزه والسياحة البيئية البرية بالمدينة المنورة ودورها في التنمية المستدامة، د. هيفاء يحيي البلاع، .٢٠١٨

١١٥. سوق الخميس بحي المطرية (محافظة القاهرة)، د. طلعت عبد الحميد، .٢٠١٨

١١٦. التفاوتات التوزيعية والقرى الأكثر حرمانًا من مياه الشرب بمحافظة بني سويف، د. سيد رمضان، .٢٠١٨

١١٧. التركيب الاقتصادى لسكان مدينة المحلة الكبرى، د. راوية محسوب، ٢٠١٨.

١١٨. الخصوبة فى محافظة سوهاج، د. هاله محمد حافظ، ٢٠١٨.

١١٩. نقاط التجديد لأودية الواجهة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، د. وهبه حامد شلبي، ٢٠١٨.

١٢٠. الأجانب في محافظة الإسكندرية، د. شيماء أحمد محمد السيد، ٢٠١٨.

١٢١. مواقف النقل الجماعى بمحافظة القاهرة، د. منى صبحى السيد نور الدين، ٢٠١٨.

١٢٢. جيومورفولوجية خليج نصف القمر بالساحل الشرقي للمملكة العربية السعودية، د. محمد عبد الحليم حلمي نورالدين، ٢٠١٩.