# دراسة جيولوجية للرواسب الحديثة لبحيرة ناصر (الجزء الجنوبى) كإشارة تعكس تطور هذه الرواسب

## الملخص العربى

يعتبر سد أسوان العالى أهم وأضخم المشروعات الهيدروليكية فى مصر على اللإطلاق ، وقد صمم لتخزين المياه الفائضة من السنوات عالية الفيضان لإستعمالها فى السنوات المنخفضة الفيضان. وقد بدأ السد فى العمل عام ١٩٦٤ ومنذ ذلك الحين كون خلفه خزان ضخم عُرِف ببحيرة ناصر ويقع بين خطى عرض ٢٠:٢٧–٢٣:٥٨ شمال وخطى طول ٣٠:٠٧–٣٣:١٥ شرق. ويقع ثلثاه الشماليان داخل الأراضى المصرية (ويسمى بحيرة ناصر) بينما يقع الثلث الجنوبى داخل الأراضى السودانية (ويسمى أحياناً بحيرة النوبة Lake Nubia).

وتقع بحيرة ناصر فى منطقة قاحلة، حيث لا أمطار تقريباً. وهى محاطة بالصحارى ومجموعة من التلال. لذلك، يمكن القول بأنها واقعة فى منطقة ذات مناخ شبه إستوائى صحراوى حار شديد الجفاف. وهى غير منتظمة الشكل بالمقارنة بالبحيرات الكبيرة الأخرى.

ويحيط بالبحيرة عدد كبير من الأخوار التى تكون مايشبه الأزرع، وتتميز بأعماقها الضحلة مقارنة بالمجرى الرئيسى، وهى ليست دائمة الإمتلاء بالمياه. وقد تكونت تلك الأخوار كنتيجة لغمر مياه البحيرة لمصبات الوديان الجافة. وتمثل الأخوار حوالى ثلث المساحة الكلية للبحيرةِ. ولتلك الأخوار تأثير كبير على عمليات البخر فى البحيرة.

عند الوصول الى أقصى سعة تخزين، يجب ألا يتجاوز منسوب سطح المياه +١٨٢متر، وفى هذه الحالة تمتد البحيرة من سد أسوان العالى فى مصر إلى شلال دال فى السودان بطول حوالى ٥٠٠ كيلومتر (حوالى ٣٥٠ كيلومتر فى الأراض المصرية وحوالى ١٥٠ كيلومتر فى السودان). عندها تبلغ مساحتها ٦٥٠٠كم$^{٢}$ و يصل أقصى عرض لها إلى حوالى ٢٤ كيلومتر بينما يصل أقصى عمق إلى حولى ١١٠ متر.

يمكن تقسيم السنة المائية للبحيرة إلى موسمين. موسم الفيضان ويمتد خلال الفترة مابين نهاية شهر يوليو وحتى نهاية شهر أكتوبر ويتميز بتصرفاته العالية المصحوبة بمناسيب مياه المرتفعة حيث تصل أقصى تصرفاته خلال شهر سبتمبر. ويمد هذا الموسم البحيرة بحوالى ٨٠% من حجم

التصرف السنوى. ويحتل الموسم الثانى باقى أشهر العام وتنخفض خلاله قيم التصرفات حيث تصل إلى أدناها خلال شهر مايو من كل عام.

والروافد الرئيسية التى تغذى النيل، ومن ثم البحيرة، هى السوباط والنيل الأزرق وعطبرة وتنبع من المرتفعات الأثيوبية، والنيل الأبيض وينبع من الهضبة الإستوائية. وتعتبر السوباط والنيل الأزرق وعطبرة هى المصادر الرئيسية لمياه النيل (تمده بحوالى ٨٥ % من مياهه). لذلك تعتبر التغيرات فى كميات وتوقيتات الأمطار المتساقطة فوق المرتفعات الأثيوبية هى المسؤل الرئيسى عن التغيرات فى تصرفات النيل الواردة الى البحيرة.

وقد بلغت أقصى كمية مياه واردة إلى البحيرة فى سنة واحدة حوالى ١١٩,٠٨ مليار مترمكعب خلال السنة المائية ١٩٦٥/٦٤، وأقلها كان ٣٤,٨١٥ مليار متر مكعب خلال السنة المائية ١٩٨٥/٨٤.

وتعتمد كمية المياه المختزنة فى البحيرة على كميات المياه الواردة وكميات المياه المنصرفة والكميات المفقودة بالتبخير والتسرب والإمتصاص داخل الأرض.

الموقع الجيولوجية:

المنطقة الواقعة غرب بحيرة ناصر تمدد إلى جنوب الواحات الخارجة فى مصر وتمثل ما يعرف بالسهل النوبى السفلى (Lower Nubia Plain) . ويقع هذا السهل على إرتفاع +٣٠٠ متر بعرض ١٠٠ كيلومتر وبطول ٣٠٠ كيلومتر، وهو يرتفع بلطف من الوادى وينحدر بلطف نحو الحواف الجنوبية من منخفض الواحات الخارجة. وتنتثر فوقه التلال المتفرقة والتى تتكون من الحجر الرملى النوبى (Nubian Sandstone) المعمم بالصخور المقاومة لعوامل التعرية. وأرضية السهل مغطاة بالكثبان الرملية والحصى. وتقطع هذه المنطقة عدة وديان جافة من أشهرها وادى كلابشة ووادى كركر ووادى توشكى وتنحدر تلك الوديان بشكل عمودى تقريباً إلى البحيرة. وإنتشار المصاطب المغطاه بالحصى على طول هذه الوديان يرجح تكونها بداية عن طريق النحر المائى وتعرضها لاحقا للتعرية بفعل الرياح.

والمنطقة الواقعة إلى الشرق من البحيرة عبارة عن هضبة من الصخور الرسوبية يصل إرتفاعها إلى حوالى +٣٠٠ متر تقطعها مجموعة من الوديان. وهذه الهضبة ضيقة نسبياً فى أجزائها الشمالية وتتسع تدريجياً فى أجزائها الجنوبية قُرْب وادى حلفا، ويحدها من جهتها الشرقية تكوينات من الصخور النارية والمتحولة التى تشكل سلسلة جبلية طويلة محصورة بين منخفض البحر الأحمر

شرقاً ووادى النيل غرباً. و يصل إرتفاع سلسلة الجبال هذه إلى حول +١٥٠٠ متر وتقف كمنطقة تجميع للأمطار تفصل بين المنطقتين المنخفضتين. و ترتفع الهضبة الشرقية بلطف من البحيرة نحو الشرق، ماعدا المنطقة بين شرق توشكى والمضيق حيث تنحدر حافتها بشدة.

وتهدف هذه الدراسة الى جمع معلومات كافية عن توزيع الرسوبيات الحديثة ببحيرة ناصر (الجزء الجنوبى) تحت عوامل بيئية مختلفة وإرجاع هذا التوزيع إلى الأنساق التكوينية الخاصة به.

**ولتحقيق هذه الأهداف بنى برنامج الدراسة على ما يلى:**

١- جمع عينات من الترسيبات الحديثة بالقاع على طول منطقة الدراسة.
٢- إجراء دراسات هيدروجرافية متضمنة درجات الحرارة و تركيزات الأملاح الذائبة والتيارات المائية والأعماق بالإضافة الى قياسات المواد العالقة.
٣- إجراء دراسات جيومورفولوجية لمعرفة تشكلات القاع.
٤- إجراء تحاليل للحجم الحبيبى لمعرفة آلية البيئات الترسيبية.
٥- دراسة التركيب المعدنى لبعض العينات عن طريق حيود أشعة إكس لمعرفة مصدر الرسوبيات.
٦- إجراء بعض الدراسات الكيميائية على بعض العينات كإشارة تعكس البيئات الترسيبية.

وقد تم إختيار خمسة عشر قطاعا عرضيا موزعة على طول منطقة الدراسة لأخذ العينات وإجراء القياسات. وهذه القطاعات أنشئت أساساً بواسطة معهد بحوث النيل وهيئة السد العالى لأخذ العينات وإجراء القياسات بصفة دورية.

**وقد أوضحت الدراسة مايلى:**

تتأثر الرواسب على طول منطقة الدراسة بالمعالم الهيدرومورفولوجية بالإضافة إلى العوامل الهيدروجرافية. كما تتأثر الرواسبَ على طول المنطقة محل الدراسة بظروف التيارات المائية التي، تتأثّر بدورها بالمعالم الجيومورفولوجية للمنطقة. إنّ التفاعلَ بين العوامل الثلاثة، الرواسب، التيارات المائية، والخواص الجيومورفولوجية يحدد الأبعاد الهيدرومورفولوجية للمنطقة. على ضوء هذه الأبعاد يمكن تقسيم المنطقة المدروسة من البحيرة إلى جزءين جغرافيينِ رئيسيينِ (جنوبى وشمالي). الجزء الجغرافي الجنوبي يمتدَّ بين قطاعى ٢٣ و٢٨ ويتُميّز بتعرجِه بالأضافة إلى عرضَه الضيّقَ نسبياً، وأعماقه الضحله فضالآ عن ضيق مساحات قطاعاته العرضية. بينما يمتد الجزء الجغرافي الشمالي

بين قطاعى ٢٨ و٢٢ ويتميّز بقلة تعرجِه و عرضه الواسع، وأعماقه الكبيره فضالآ عن كبر مساحات قطاعاته العرضية.

يَنحدر معظم البر الغربى للبحيرة بلطف مقارنة بالبر الشرقى على طول منطقة الدراسة. وتميل النقاط العميقة للوقوع فى الناحية الشرقية من المجرى. وتنتشر النتوءات الصخرية على طول الجزء الشمالى من منطقة الدراسة. ويتزايد العرض فى إتجاه الشمال من ٣٦٠ متر حتى يصل إلى حوالى ٩٨٠٠ متر، كما تتزايد الأعماق تدريجياً فى نفس الإتجاه من ١٠,٥ متر حتى يصل إلى حوالى ٣٦ متر. وبناءً عليه تتزايد مساحات القطاعات فى إتجاه الشمال من ٢٩٤٠ مترمربع حتى تصل إلى حوالى ٢١٧٢٠٠ مترمربع عند الحدود الشمالية لمنطقة الدراسة.

وخلال فترات القياسات الحقلية كانت درجات حرارة الجو أعلى مِنْ درجات حرارة المياه. وعلى طول الجزء الجنوبى (الأقل عمقا وإتساعاً) لم تُلاحَظ تغيرات تذكر بين السطح والقاع، لا فى درجات حرارة المياه ولا فى تركيز الأملاح الذائبة. بينما لوحظ التناقص فى درجة الحرارة رأسياً مع العمق على طول الجزء الشمالى، الأمر الذى يمكن إرجاعه إلى الزيادة الكبيرة فى عرض القناة فضلاً عن العمق.

تتناقص سرعة التيار فى إتجاه الشمال على طول منطقة الدراسة من ٨٧ سم/ث حتى وصلت إلى ٢سم/ث، متأثرة بإتجاه التزايد فى مساحات القطاعات العرضية. كما تزايدت قيم الأس الهيدروجينى (pH) نحو الشمال لتتراوح بين ٧,٣٣ (قلوي قليلاً) و٨,٥٥ (متوسط القلوية). وقد تراوحت تركيزات الأملاح الذائبة بين ١٣١ و١٦٩ مجم/لتر تقابلها قيم للتوصيل الكهربى تتراوح بين ٢٠٤ و ٢٦٤ ميكروموه/سم (µmohs/cm) على التوالي متأثرة بالتغيرات الهيدرومورفولوجية بالإضافة إلى تركيزات الملاح المغذية (nutrient salts). والأملاح المغذية ممثلة هنا بأملاح السيليكات ($SiO_2$) والفوسفات ($PO_4$) والنترات ($NO_3^-$) والنيتريتات ($NO_2$) حيث السيليكات هى المكون الرئيسى. وقد إتجهت الأملاح المغذية نحو الزيادة فى إتجاه الشمال وقد تراوحت قيمها بين ٧,٧١ و ٢٠ مجم/لتر.

وتعمل المياه على نقل الرواسب التى يجلبها النيل وتلك المتساقطة من المناطق المحيطة. والرواسب الحديثة على طول منطقة الدراسة تتكون من شقين رئيسيين، هما المواد العالقة و رسوبيات القاع.

وقد لوحظ تزايد تركيز المواد العالقة رأسياً مع العمق، كما تناقصت بشدة فى إتجاه الشمال من ٩١٥ مجم/لتر حتى وصلت إلى ٧ مجم/لتر. وقد وجد أن العوامل الرئيسية التي تؤثر على تركيز المواد العالقة هى الأملاح الذائبة بالإضافة إلى سرعة التيار.

وإعتماداً على توزيع تركيزات المواد العالقة، يمكن تقسيم المنطقة محل الدراسة إلى بيئتين رئيسيتين ,البيئة النهرية (Riverine Environment) والبيئة البحيرية (lacustrine Environment). وتقع البيئة النهرية بين خطى عرض ٥٥,٣٥" ٠٢' ٢١ و ٠١,٤١" ١٧' ٢١ وخطى طول ٥٤,٦٥" ٣٨' ٣٠ و ١٢,٩٩" ٤٧' ٣٠ وعلى طولها تزايدت متوسطات تركيز المواد العالقة من ٤٣٩ مجم/لتر لتصل إلى ٦٤٢ مجم/لتر. بينما تقع البيئة البحيرية بين خطى عرض ٠١,٤١" ١٧' ٢١ و ١٣,٢٦" ٥٧' ٢١ وخطى طول ١٢,٩٩" ٤٧' ٣٠ و ٣٢,٩٩" ١٨' ٣١ ويمكن تقسيمها إلى جزئين رئيسيين (جنوبى وشمالى). على طول الجزء الجنوبى من البيئة البحيرية لم يظهر تركيز المواد العالقة أى تغيير يذكر، بينما قل ذلك التركيز بشدة على طول الجزء الشمالى حتى وصل إلى ١٣ مجم/لتر مع نهايتها.

وقد تميزت البيئة النهرية برواسبها من جميع الأطياف بين الرمل والطين (الرمل والرمل الطميى والطمى الرملى الطينى والطمى الطينى والطين الطميى والطين)، بينما تكونت رواسب البيئة البحيرية من الطين الطميى والطين، حيث إنحصر تواجد الرمل فى البيئة النهرية فقط التى تناقص تواجده فيها مع الإتجاه شمالاً حتى إختفى تماماً مع نهايتها.

وقد بين تزايد قيم ال (MdØ) فى إتجاه الشمال من ٢,٠٨Ø (الرمل الناعم) إلى ١١,٤Ø (الطين شديد الدقة)، و تزايد قيم ال (MzØ) من ٢,١١Ø إلى ١١,٢٦Ø ، إن الحجم الحبيبى للرسوبيات يزداد فى نفس الإتجاه. كما تبين أن قيم ال (MzØ) أعلى من قيم ال (MdØ) على طول البيئة النهرية بينما ينعكس الحال على طول البيئة البحيرية.

وقد أوضحت الدراسة أن العامل المؤثر على توزيع الرسوبيات على قاع منطقة الدراسة هو سرعة التيار (خاصة على طول البيئة البحيرية) والذى يتأثر بدوره بالمعالم الهيدرومورفولوجية.

كما أوضحت دراسة ميكانيكية الترسيب وجود نوعين منها. الأول هو العمليات النهرية وهو الغالب على طول البيئة النهرية والأخر هو عمليات الترسيب البطيئ من المياه الساكنة وهو الغالب على البيئة البحيرية.

وقد تزايدت المواد العضوية فى رواسب القاع فى إتجاه الشمال مع التناقص فى الحجم الحبيبى لتتراوح بين ١,٢٦ % و ١٢,٧٨ %. وبناءً عليه، يمكن القول بأن المواد العضوية فى المنطقة تحت الدراسة يغلب عليها صغر حجم حبيباتها لذلك يزيد تواجدها فى البيئة البحيرية.

وتراوحت نسبة تواجد أملاح الكربونات فى رسوبيات القاع مابين ٥,٠٥% و ٨,٠٢%. وقد تزايدت نسبتها فى إتجاه الشمال على طول البيئة النهرية مع التناقص فى الحجم الحبيبى ومع التذايد فى نسبة المواد العضوية، بينما إنعكس الحال على طول الجزء الجنوبى من البيئة البحيرية، ثم عادت للتزايد فى إتجاه الشمال على طول الجزء الشمالى من البيئة البحيرية متبعة إتجاه التناقص فى الحجم الحبيبى. وقد وجدت علاقة طردية تربط مابين تواجد الكربونات فى الرسوبيات وبين الأس الهيدروجينى (pH) للمياه.

وقد أثبتت التحاليل عن طريق حيود أشعة إكس (X-ray diffraction)، أن الرواسب على طول منطقة الدراسة تتكون بصفة أساسية من معادن الطين التى تضم المونتمورلونيت (Momtmorillonite) والكاولينيت (Kaolinite) والإليت (Illite) بالإضافة إلى معادن الكوارتز (Quartz) والفلسبار (Feldspar) والكلسيت (Calcite) والهيماتيت (Hematite). وقد أظهر الكوارتز أعلى تواجد له فى البيئة النهرية وتناقص شمالاً على طول الجزء الجنوبى من البيئة البحيرية، ثم لم يُظهر أى تغيير على طول الجزء الشمالى من البيئة البحيرية. وأظهر الفلسبار كذلك أقصى تواجد له فى البيئة النهرية، ثم قل تواجده فى البيئة البحيرية. أما الكلسيت فقد أظهر أقل تواجد له فى البيئة النهرية، تم تذايد تواجده شمالاً على طول البيئة البحيرية حتى وصل إلى أقصاه مع النهاية الشمالية لمنطقة الدراسة. وقد أظهر الهيماتيت، رغم قلته الملحوظة، أعلى تواجد له فى البيئة النهرية ثم تناقص شمالاً على طول البيئة البحيرية.

وكان المونتمورلونيت هو أكثر معادن الطين تواجداً وتبعه الكاولينيت وقد تزايد تواجدهما على طول منطقة الدراسة فى إتجاه الشمال. بينما تواجد الإليت بنسب أقل وقد تزايد فى إتجاه الشمال على طول البيئة النهرية والجزء الجنوبى من البيئة البحيرية بينما تناقص فى نفس الإتجاه على طول الجزء الشمالى من البيئة البحرية.

**الخلاصة:**

مما سبق يمكن إستخلاص أن المنطقة موضوع الدراسة تضم بيئتين رئيسيتين (النهرية والبحيرية) لكل منهما خواصه الهيدرومورفولوجية والهيدروجرافية والرسوبية. وتقع البيئة النهرية

(Riverine Environment) وتقع البيئة النهرية بين خطى عرض ٥٥,٣٥" ٠٢' ٢١ و ٠١,٤١" ١٧' ٢١ وخطى طول ٥٤,٦٥" ٣٨' ٣٠ و ١٢,٩٩" ٤٧' ٣٠. ويتميز المجرى على طولها بتعرجِه بالأضافة إلى عرضَه الضيّقَ، وأعماقه الضحله نسبياً، فضالآ عن ضيق مساحات قطاعاته العرضية. ومع تزايد مساحات القطاعات العرضية شمالاً على طول تلك المنطقة قلت سرعة التيار، بينما تزايد كل من الأس الهيدروجينى (pH) ودرجة التوصيل الكهربى وتركيز الأملاح الزائبة بما فيها الأملاح المغذية (Nutrient salts) . و تميزت مياه تلك البيئة كذلك بتركيز عالى للمواد العالقة متزايد فى إتجاه الشمال كما تميزت الرواسب بالكبر النسبى لحجم حبيباتها (very fine silt to very fine sand). وكان ال (MzØ) أكبر من (MdØ) كما سادت العمليات النهرية كميكانيكية للترسيب. وتزايدت نسب كل من المواد العضوية والكربونات فى الرسوبيات فى إتجاه الشمال. وقد أظهرت معادن الكوارتز والفلسبار والهيماتيت أعلى تواجد لها، بينما أظهرت معادن الكلسيت ومعادن الطين المتواجدة (المونتمورلونيت والكاولينيت والإليت) أقل تواجد لها مقارنة بباقى منطقة الدراسة.

بينما تقع البيئة البحيرية (lacustrine Environment). بين خطى عرض ٠١,٤١" ١٧' ٢١ و ١٣,٢٦" ٥٧' ٢١ وخطى طول ١٢,٩٩" ٤٧' ٣٠ و ٣٢,٩٩" ١٨' ٣١. ويمكن تقسيمها إلى جزئين رئيسيين (جنوبى وشمالى). وقد تميز الجزء الجنوبى من البيئة البحيرية بتعرجِه بالأضافة إلى أعماقه الضحله نسبياً. بينما إزداد إتساع البحيرة خلاله (مقارنة بالبيئة النهرية) وبالتالى إزدادت مساحات القطاعات العرضية. ومع تزايد مساحات القطاعات العرضية شمالاً على طول تلك المنطقة إستمر التناقص فى سرعة التيار، و تحول كل من درجة التوصيل الكهربى وتركيز الأملاح الزائبة بما فيها الأملاح المغذية (Nutrient salts) إلى التناقص بينما لم يظهر الأس الهيدروجينى أى تغير. وعلى طول تلك المنطقة البيئية لم تظهر المواد العالقة أى تغير يذكر، بينما مالت الرسوبيات إلى أن تكون حبيباتها أكثر دقة فى إتجاه الشمال وكان (MdØ) أكبر من (MzØ) كما كان الترسيب البطئ من المياه الساكنة هو الميكانيكية السائدة على طول هذه المنطقة. وقد تزايد تواجد المواد العالقة فى إتجاه الشمال، بينما تناقص تواجد الكربونات قليلاً. وقد تناقص تواجد كل من معادن الكوارتز الفلسبار والهيماتيت. بينما تزايد تواجد الكلسيت ومعاد الطين (المونتمورلونيت والكاولينيت والإليت) فى نفس الإتجاه.

وقد تميز الجزء الشمالى من البيئة البحيرية بقلة تعرجاته بالأضافة إلى عرضه الواسع، وأعماقه الكبيرة، فضالاً عن الإتساع الكبير فى مساحات قطاعاته العرضية بالإضافة إلى إنتشار

النتوءات الصخرية على طول هذه المنطقة، ومع تزايد مساحات القطاعات العرضية شمالاً إستمرت سرعة التيار فى التناقص، بينما تزايد كل من الأس الهيدروجينى (pH) ودرجة التوصيل الكهربى وتركيز الأملاح الزائبة بما فيها الأملاح المغذية (Nutrient salts) . وعلى طول تلك المنطقة البيئية تناقص تركيز المواد العالقة ، مصحوباً بتناقص فى حجم الحبيبات المكونة لرسوبيات القاع فى إتجاه الشمال وإستمر (MdØ) أكبر من (MzØ) كما ظل الترسيب البطئ من المياه الساكنة هو الميكانيكية السائدة على طول هذه المنطقة كسابقتها. وقد تزايد كل من المواد العضوية والكربونات فى إتجاه الشمال. وقد إستمر تناقص كل من معدنى الفلسبار والهيماتيت فى نفس الإتجاه، بينما لم يظهر الكوارتز أى تغيير يذكر، كما إستمر الكلسيت ومعادن الطين المتواجدة (المونتمورلونيت والكاولينيت والإليت) فى التزايد.