# الفصل الأول

# المدخـــل

# Introduction

1 - 1 تعريف

2 - 1 الصفات المؤثرة على نقل وحمل المياه الأرضية

3 - 1 صور وجود المياه تحت سطح الأرض (التوزيع العمودي للمياه الأرضية)

4 - 1 أنواع الحشارج الحاملة للمياه

5 - 1 النشاط الجيومورفولوچي للمياه الأرضية

# الفصل الأول

# المدخـــل

# Introduction

## 1 - 1 : تعريف :

نعني بالمياه الأرضية كافة أنواع المياه الموجودة تحت سطح الأرض والمخزونة في مسامات الترب والصخور التي تشكل طبقات الأرض .

إن المياه الجوفية التقليدية التي يهتم بها الچيولوچيون والجيومورفولوچيون عند التنقيب عن خزانات الماء هي المياه الأرضية الحبيسة في الصخور القريبة من سطح الأرض والتي توجد في أعماق لا تزيد عن بضعة مئات من الأمتار عن سطح الأرض ، وتستعمل هذه المياه عادة للأغراض الزراعية والصناعية والمنزلية . ولهذه المياه أيضًا عمل جيومورفولوچي واضح وذلك من خلال تأثيرها على بعض الملامح التضاريسية لسطح الأرض .

عادة ما توجد المياه الأرضية في الصخور المسامية ذات النفاذية العالية، وتعرف هذه الصخور باسم الصخور الخازنة Reservoir Rocks ، أما التركيب العام المكون من هذه الصخور الخازنة والذي يحتوي على كمية محددة من المياه الأرضية في منطقة معينة فقد اصطلح على تسميته « مكمن الحياة الجيوفية Ground water reservoir أو الحشرج aquifer .

• • •

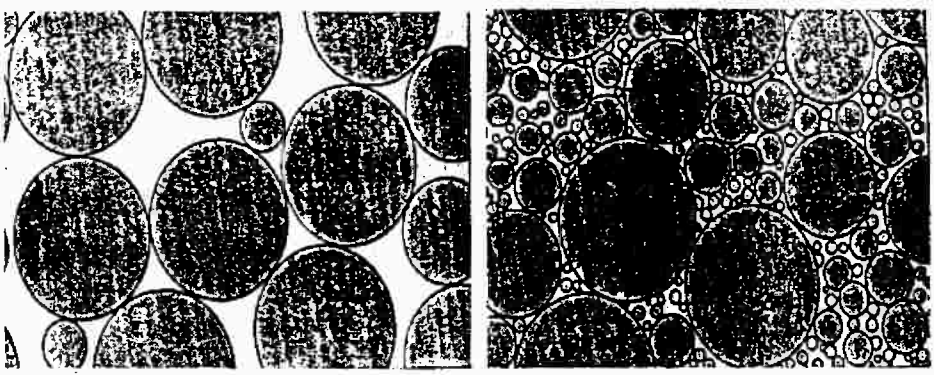
## 1 - 2 : الصفات المؤثرة على نقل وحمل المياه الأرضية :

لكي تكون الصخور حاملة للمياه الأرضية لا بد أن تكون مسامية ، فبعض الصخور ضئيلة المسامية مثل الكرانيت ومعظم الصخور النارية والمتحولة ، وتتراوح مسامية صخور أخرى من المعتدلة إلى العالية، من أمثلتها

الكنجلوميرات (صخور المجمعات) والرمال غير الملتحمة أي الخالية من المواد المعدنية المتبلورة التي تتبلور في مسام بعض الصخور الفتاتية والتي تسمي بالأسمنت الطبيعي ، يؤدي تبلور هذا الأسمنت الطبيعي في مسام الصخور إلى خفض مساميتها .

وعمومًا تعتبر مسامية الصخور الرسوبية الفتاتية عالية بعكس مسامية الصخور المتبلورة ، وتعتمد مسامية الصخور الفتاتية على خواص الحبيبات المكونة لها . ومن أهم هذه الخواص ما يأتي :

1 - درجة فرز Sorting الحبيبات المكونة للصخر . والفرز مفهوم علمي في علم الصخور يعني درجة تفاوت أحجام الحبيبات المكونة للصخر . فإذا كان الفرز جيداً تكون الحبيبات متقاربة في أحجامها ، أما إذا كان الفرز رديئًا فتكون الحبيبات متفاوتة في أحجامها . وتكون مسامية الصخور الرديئة الفرز أقل عادة من مسامية الصخور الجيدة الفرز (لاحظ الشكل ١ - ١) .



**الشكل** (1 - 1) تفاوت أحجام حبيبات الصخر (درجة الفرز Sorting)

2 - إستدارة الحبيبات المكونة للصخر Roundness وشكلها Shape ، فمن حيث الاستدارة يمكن التمييز بين حبيبات مستديرة Rounded وحبيبات زاوية Angular ، أما من حيث الشكل فيمكن التمييز بين حبيبات متساوية الأبعاد وحبيبات عمدانية وحبيبات نصلية .

3 - انتظام وترتيب الحبيبات في الصخر أو ما يعبر عنه بالاندماج Packing يؤثر هذا الترتيب مع شكل الحبيبات على مسامية الصخر ، فالصخور ذات الحبيبات المرتبة ترتيبًا مندمجًا أقل مسامية من الصخور المرتبة ترتيبًا أقل اندماجًا .

وبالاضافة إلى ما ذكر من خواص تعتمد أساسًا على الظروف المصاحبة للترسيب، فأنه توجد صفات أخرى يمكن أن يكتسبها الصخر بعد الترسيب عندما يندفن تحت تراكمات رسوبية أحدث منه ، وتسمى هذه الظروف أو العوامل بعوامل ما بعد التكوين أو العوامل البعدية التي تؤدي إلى انخفاض مسامية الصخور نتيجة لتبلور بعض المعادن في مسام الصخر على هيئة سمنت طبيعي . إلا إنه يمكن للظروف البعدية أن تؤدي إلى زيادة في المسامية عن طريق إذابة بعض المحتويات المعدنية للصخور . وقد تؤدي الحركات الأرضية أيضًا إلى زيادة المسامية نتيجة تكوين التشققات في الصخور .

على الرغم من عدم ووضح تأثيرات حجم الحبيبات المكونة لصخر فتاتي على مساميته من الناحية النظرية ، إلا إن العلماء قد وجدوا إن للصخور الدقيقة الحبيبات مسامية أكبر من مسامية الصخور الخشنة الحبيبات ، أما الصخور الرسوبية غير الفتاتية فتكون عادة شديدة التأثر بالظروف البعدية ، لذلك تتفاوت كثيراً من حيث مساميتها .

أما نفاذية Permeability الصخر فهي قابلية الصخور لامرار الماء بين

حبيباته . وتعتمد نفاذية الصخور الفتاتية على حجم الحبيبات المكونة لها ، فكلما قل حجم الحبيبات قلت النفاذية ذلك لأن حجم الفراغات الواقعة بين الحبيبات يتحكم في سهولة مرور السوائل من خلالها . كلما قل هذا الحجم أصبح مرور السوائل عسيراً . لذلك تكون نفاذية الطفل والطين قليلة جداً على الرغم من مساميتها العالية . يتصف حجم المسامات في صخور الطفل بصغره إلى الحد الذي يجعل قوة الشد السطحي Surface tension بين سطح السوائل الموجودة في الصخر وسطح الحبيبات كبيرة جداً بحيث تعرقل حركة المياه خلالها. إذ إن صغر الحبيبات وبالتالي الفجوات بينها يجعل سطح المادة الصخرية المعرضة للسائل كبير جداً إذا قورن بسطح المادة الصخرية المعرضة للسائل في صخور فتاتية ذات حبيبات خشنة كالرمل والحصى . وتلعب نسبة الفجوات المتصلة مع بعضها إلى الفجوات غير المتصلة دوراً كبيراً في تحديد نفاذية الصخور أيضًا . فإذا كانت الفجوات غير متصلة فلا يمكن للمياه المرور خلالها وبذلك يكون الصخر غير نفاذ رغم مساميته .

تتخلل مياه الأمطار الساقطة الصخور متجهة نحو الأسفل طالما كانت نفاذية تلك الصخور تسمح بذلك . وعندما تصل هذه المياه المتخللة إلى طبقة أو صخور صماء يتوقف سريانها وتتراكم المياه فوق هذه الطبقة الصماء ، عندئذ يمكن أن يتكون مكمن للمياه الأرضية . قد تجري المياه فوق الطبقة الصماء بنفس طريقة جريانها فوق سطح الأرض . لذلك يهتم الباحثون بتحديد تركيب الطبقات الصماء في التسلسل الطبقي القريب من سطح الأرض عند البحث عن المياه . ففي المناطق المناخية المعتدلة أو التي تتساقط فيها أمطار غزيرة يكون منسوب المياه الأرضية قريب من سطح الأرض، حيث يكون الوشاح الصخري الحطامي في هذه المناطق مشبعًا بالمياه المتسربة . أما في المناطق

الجافة فيكون منسوب المياه الأرضية بعيداً نسبيًا عن سطح الأرض ، حيث تتراكم المياه في جيوب دقيقة في أعماق الوشاح الصخري أو في داخل رسوبيات نهرية أو في طبقات نفاذة للصخور القريبة نسبيًا من سطح الأرض . غير أنه في كثير من الأحيان يجب البحث عن مكامن المياه في مثل تلك المناطق في أعماق لا تقل عن بضعة مئات من الأمتار .

• • •

## 1 - 3 : صور وجود المياه تحت سطح الأرض (التوزيع العمودى للمياه الأرضية):

تتوزع المياه الأرضية بدرجات متفاوتة عموديًا تحت سطح التربة اعتماداً على الظروف المناخية السائدة في المنطقة وطبيعة التكوينات الچيولوچية لطبقات الأرض تحت السطح . وغالبًا ما تصنف الأحزمة الحاملة للمياه حسب التوزيع العمودي لها إلى ما يأتي :

1 - حزام رطوبة التربة Belt of soil moisture يتصف هذا الحزام باستمرار رطوبته نتيجة لتبلله بمياه الأمطار . ولا يوجد هذا الحزام عادة في المناطق المناخية الجافة (الصحراوية) وشبه الجافة . ويختفي بصفة موسمية في المناطق التي تتعرض لفترات موسمية من الجفاف .

2 - حزام متوسط Intermediate Belt تزداد رطوبة التربة في هذا النطاق وخاصة في المناطق المناخية الرطبة ، أما في المناطق الصحراوية فتكون جافة تقريبًا .

3 - حزام المياه المتصاعدة نتيجة الخاصية الشعرية Capillary fringe ، ويستقر هذا الحزام فوق مستوى المياه الأرضية مباشرة .

4 - حزام التشبع الدائم Belt of zone of saturation ويمثل المنطقة التي يملأ

فيها الماء الأرضي تمامًا الفجوات في الصخور النفاذة . ويمكن تمييز نطاقين داخل هذا الحزام في المناطق التي تتسم بتغيرات موسمية واضحة في كمية المياه المتساقطة وهذان النطاقان هما :

( أ ) نطاق التشبع الموسمي Zone of periodic saturation . ويلاحظ أن الآبار المحفورة في هذا النطاق والتي لا تصل إلى النطاق الأسفل تجف موسميًا .

(ب) نطاق التشبع الدائم Zone of permanent saturation . تتميز الآبار المحفورة إلى هذا النطاق بأنها مليئة بالمياه دائمًا .

تكون الأحزمة الثلاثة الأولى أعلاه نطاق التهوية Zone of aeration أو منطقة عدم التشبع ، حيث تحتوي الرسوبيات في هذا النطاق على كمية قليلة من الماء المختلط بالهواء . توجد في هذا النطاق مكامن المياه الجاثمة ، وهي المياه التي تتجمع من المياه المتشربة من سطح الأرض نحو الأسفل حيث تعترضها طبقة صماء فتبدأ هذه المياه بالتراكم فوق الطبقة الصماء مكونة بصفة استثنائية مكمن مياه أرضية حيث تسمى هذه المياه بالمياه الأرضية الجاثمة Perched water . وهي عادة قليلة ومحدودة بالمقارنة مع المياه الأرضية الموجودة في المكمن الأصلي وعادة ما يكون منسوب المياه الجاثمة أعلى من منسوب المياه الأرضية العادية .

• • •

## 1 - 4 : أنواع الحشارج الحاملة للمياه :

تصنف مكامن المياه الأرضية عادة إلى أربعة أنواع رئيسية هي :

**1 : المياه الأرضية الحرة Unconfined or free Ground water :** توجد مكامن مثل هذه المياه في المناطق ذات الأمطار الغزيرة أو التي ترد

إليها مياه مغذية من نهر أو أنهار مليئة بالمياه حينما تكون معظم الصخور والطبقات بين حزام التشبع الدائم وسطح الأرض مواد ذات نفاذية عالية . أي أن هذه المياه لا تعلوها طبقة صماء وبذلك لا تتعرض إلى ضغط هيدروستاتيكي سوى الضغط الجوى .

2 : **المياه الأرضية الجائمة** ، وتتكون في نطاق التهوية كما ذكرنا سابقًا وذات مستوى أعلى من منسوب المياه الأرضية وتجثم هذه المياه فوق الطبقات الصماء الموجودة في نطاق التهوية .

3 : **المياه الجوفية المحصورة Confined Ground water** ، تتكون في طبقات نفاذة محاطة من أسفلها ومن أعلاها بطبقات صماء غير نفاذة. لا تتغذى مثل هذه المكامن الجوفية بالمياه من سطح الأرض الذي يعلوها مباشرة كما هو الحال في مكامن المياه الأرضية الحرة ، بل تنتشر فقط في المناطق التي تنكشف فيها الطبقة النفاذة الحاملة للمياه فوق سطح الأرض في مناطق عالية بعيدة نتيجة التواءات الطبقات وظهور أجزاء منها عند سطح الأرض . وتسمى المناطق التي تغذي هذه الطبقات بالمياه بمناطق التغذية Area of recharge or catchmentarea .

ومن أمثلة هذه المناطق مكامن المياه الجوفية الموجودة في الصحراء الغربية المصرية ، تلك المكامن مكونة من طبقات « تكوين رمال النوبة Nobia sand stone » والتي تمتد مئات الكيلو مترات في جنوب الصحراء الغربية المصرية ، والتي تميل طبقاتها ميلاً خفيفًا نحو الشمال ، وأن مناطق التغذية التي تزود تلك المكامن بالمياه توجد جنوب الصحراء الكبرى في السودان في المناطق المناخية الممطرة (السفانا والغابات الاستوائية الأفريقية ) . هذا هو شأن المياه الأرضية الموجودة في تتابعات الصخور القارية المتداخلة في جنوب الصحراء

الكبرى في بلاد المغرب العربي . وأغلب الظن أن الصخور القارية المتداخلة هي نفس تكوين رمال النوبة وكلاهما تتابعات من الرسوبيات الترابية الفتاتية القارية .

**4 : مكامن مياه غير متجددة ومكامن متحجرة :**

Non Renewable ground water reservoirs or fossil ground water

تقع هذه المكامن عادة عند أعماق كبيرة (بضع مئات من الأمتار) . تراكمت المياه المخزونة في هذه المكامن في الماضي الجيولوجي تحت ظروف مختلفة عن الظروف السائدة الآن . ويعتقد بعض الجيولوجيين أن مكامن المياه الجوفية من هذا النوع موجودة في ليبيا والأجزاء الشرقية من العربية السعودية. وعيب هذه المكامن أن مياهها غير متجددة تنفذ تمامًا مع كثرة الاستعمال بعد فترة من الزمن .

• • •

## 1 - 5 : النشاط الجيومورفولوچي للمياه الأرضية :

يمكن تقسيم العمل الجيومورفولوچي للمياه الأرضية إلى قسمين هما : النشاط الكيميائي ، والنشاط الميكانيكي .

**1 – النشاط الكيميائي للمياه الارضية :**

وينقسم هذا النشاط أيضًا إلى ثلاثة أقسام هي الذوبان والإحلال والترسيب .

( أ ) الذوبان : تذيب المياه الجوفية كثيراً من المعادن والصخور وخاصة إذا كانت حاوية على ثاني أوكسيد الكربون . تسمى المواد الذائبة في المياه الأرضية «حمولة المياه الأرضية » تستمد المياه الأرضية حمولتها إما من الرواسب السطحية كالتربة أو من الصخور التي تحت التربة وبخاصة

الصخور الجيرية والدولوميتية . يؤدي هذا الذوبان إلى هدم الصخور الكاربوناتية وتكوين مظاهر طوبوغرافية تتميز بها المناطق المسماة الكارست وهي المعالم الجيومورفولوجية التي كونتها المياه الأرضية بإذابتها للصخور الجيرية . ومن هذه المظاهر : خطوط الذوبان ، وهي خطوط متعرجة تظهر في داخل صخور الكربونات خصوصًا في المناطق الغزيرة الأمطار . وتتفاوت شدة الذوبان من منطقة إلى أخرى وفي نفس المنطقة أيضًا لعدم نقاء هذه الصخور التي تحمل معادن غير قابلة للذوبان فتذوب كربونات الكالسيوم وتبقى المواد الأخرى مما يؤدي إلى تعرج السطح المعرض للذوبان وظهور المنخفضات والمرتفعات وتتزاحم خطوط الذوبان في كثير من الأحيان مما يدل على الكمية الكبيرة الذائبة من الصخر . وقد أجرى العلماء بعض التقديرات لكميات الصخور الذائبة فوجدوا أن هذه الكميات يمكن أن تصل إلى 40% من السمك الأصلي للطبقات .

ومن المظاهر الأخرى التي يسببها الذوبان بفعل المياه الأرضية هو نشوء أحواض أو بالوعات في صخور الكربونات وبصفة خاصة عند نقاط التقاء الشقوق والفواصل حيث تتركز المياه فتوسع هذه الفواصل التي تأخذ أشكال الأقماع شيئًا فشيئًا ، ثم تتحول إلى كهوف أو مغارات تحت سطح الأرض ، وتتسع هذه الكهوف في كثير من الأحيان بحيث تؤدي إلى إنهيار سقوفها التي لم تذب بعد فتتكون بذلك الأحواض . توجد في بعض المناطق سلسلة طويلة من كهوف الذوبان تتصل مع بعضها بواسطة قنوات ذوبان وتكون بذلك نهراً حقيقيًا تحت سطح الأرض .

(ب) الاحلال : وهو ترسيب إحدى المواد الذائبة في المياه الأرضية محل المادة العضوية الناتجة عن البقايا النباتية أو الحيوانية الدفينة في الرسوبيات .

ومن أكثر الأمثلة على الاحلال شيوعًا هو تحويل بقايا الأشجار في الأزمنة الجيولوجية الغابرة إلى مادة السليكا حيث تترسب السليكا محل بقايا الأشجار ببطء فتحول هذه إلى أخشاب متحجرة على هيئة حفريات تحتفظ بالتفاصيل العضوية وتكون من مادة السليكا . ومن أمثلة هذه الحفريات تلك الموجودة شرق القاهرة في صخور عصر الأوليجوسين ، والغابات الحجرية الجيرية في منطقة عجلون من مرتفعات لبنان الغربية .

(جـ) الترسيب : ترسب المياه الأرضية بعض حمولتها عندما تصل إلى حالة الاشباع ويزداد الترسيب العوامل التالية :

1 - فقدان ثاني أوكسيد الكربون يسبب ترسيب كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم لضعف ذوبانها في الماء النقي .

2 - انخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى ترسيب المركبات التي تزيد درجة ذوبانها في المياه الدافئة .

3 - التبخر الكامل يؤدي إلى ترسيب كل المواد الموجودة في المياه .

4 - الترسيب نتيجة التفاعل المتبادل بين محاليل تحتوي على مواد وأيونات تكون رواسب عند امتزاجها مع بعضها .

**2 - النشاط الكيميائي للمياه الأرضية :**

يعتبر النشاط الميكانيكي للمياه الأرضية أقل أهمية من الفعل الكيميائي. وأكثر مظاهر النشاط الميكانيكي أهمية هي الانهيارات الأرضية . حيث أن المياه الجوفية تساعد على تسهيل فعل الجاذبية على الانحدارات إذ أن المواد المبللة تكتسب زاوية استقرار أقل من زاوية استقرارها وهي جافة .

يظهر هذا التأثير بشكل أكثر وضوحًا في الرسوبيات الطينية ، ويبرز مفعول المياه الأرضية في إحداث انهيارات أرضية عندما توجد بعض الطبقات المسامية كالحجر الرملي أو كتل من الركام الصخري مرتكزة على سطح منحدر ثم تتشبع بالمياه الأرضية شيئًا فشيئًا ثم تنزلق على السطح نتيجة التزايد المستمر في وزنها . ومما يساعد على حدوث الانهيارات في حالة ارتكاز هذه الصخور أصلاً على طبقة طينية ، إذ أن الطين عندما يبتل يصبح صعيداً زلقًا لا يثبت عليه شيء .