3- معايرة نتائج التحليلات الكيميائية:

Calibration of the Results of Chemical Analyses

إن عملية تحديد مقدار تركيز الأملاح الذائبة في المياه يحصل من خلال التحليلات المختبرية لنماذج المياه، وتمتاز المياه الطبيعية بكونها ذات شحنة معتدلة من خلال حالة التوازن بين قيم الايونات الموجبة والسالبة بوحدة الملي مكافئ. ومن الطبيعي أن تشتمل نتائج التحليلات على نسبة محدودة من الخطأ وذلك لعدم اشتمال التحليلات المختبرية على جميع الأملاح الذائبة في المياه، إذ تقتصر في الغالب على العناصر الرئيسة فقط. لذلك لابد أن تخضع نتائج التحليلات المختبري وعملية احتساب النتائج للمعايرة لغرض التأكد من مدى دقتها. إن نسبة الخطأ المسوح بها لقبول نتائج التحليلات المختبرية لنوعية المياه تتحدد بمقدار تركيز الايونات، إذ تنخفض نسبة الخطأ إلى حوالي 2% عندما ينخفض مجموع الايونات السالبة بمقدار يتباين بين 3- 10 ملي مكافئ/لتر في حين ترتفع النسبة إلى 5% عندما يرتفع مجموع الايونات السالبة بمقدار يتباين بين 10- 800 ملي مكافئ/لتر[11]، وغالباً ما تتحدد نسبة الخطأ المسوح بها لقبول نتائج التحليلات المختبرية بأقل من 5%، إذ أكدت دراسة العالم فريز (*Fritz*) في سنة 1994 أن معدل نسبة الخطأ بلغت 3.99%[12]، غير أن العالم الأمريكي هم (*Hem*) أشار في سنة 1989 إلى ارتفاع نسبة الخطأ إلى أكثر من 5% في المياه التي ينخفض فيها مجموع الايونات الموجبة والسالبة عن 5 ملي مكافئ/ لتر[13]، ومن خلال تطبيق عملية المعايرة على التحليلات المختبرية للمياه في العديد من الأنهار في العالم أظهرت النتائج أن نسبة الخطأ قد ارتفعت إلى أكثر من 8% ومع ذلك فهي نتائج معتبرة في تقييم نوعية المياه. ولذلك يمكن أن تكون نتائج التحليلات المختبرية لنوعية المياه صحيحة حتى وإن

ارتفعت نسبة الخطأ إلى أقل من 10%[14]. إن عملية معايرة نتائج التحليلات المختبرية لنماذج المياه تتم من خلال المعادلة الآتية:

$$e = \frac{rc_ra}{rc + ra} \times 100$$

إذ أن:

e = نسبة الخطأ

rc = مجموع الايونات الموجبة (ملي مكافئ/لتر).

ra = مجموع الايونات السالبة (ملي مكافئ/لتر).

مثال:

يوضح الجدول الأتي نتائج التحليلات المختبرية لنماذج من مياه نهر هاواي في الصين. كما يحوي الجدول على الوزن المكافئ للأيونات جميعها التي تم تحليلها. المطلوب إجراء معايرة لنتائج التحليلات المختبرية للتأكد من دقتها؟

الايونات الموجبة	معدل التركيز (ملغم/لتر)	الوزن المكافئ	الايونات السالبة	معدل التركيز (ملغم/لتر)	الوزن المكافئ
صوديوم	87.5	22.9898	بيكاربونات	142.6	30.005
كالسيوم	45	20.04	كبريتات	109.2	48.031
مغنيسيوم	21.1	12.156	كلوريد	80.5	35.453
بوتاسيوم	6.7	39.102	نترات	9.3	62.005

الحل:

1- تحويل وحدة قياس الأملاح من (ملغم/لتر) إلى (ملي مكافئ/لتر).

2- استخراج مجموع الايونات الموجبة ومجموع الايونات السالبة بوحدة الملي مكافئ/لتر.

الايونات الموجبة	معدل التركيز ملغم/لتر	معدل التركيز ملي مكافئ/لتر	الايونات السالبة	معدل التركيز ملغم/لتر	معدل التركيز ملي مكافئ/لتر
صوديوم	87.5	3.806	بيكاربونات	142.6	2.337
كالسيوم	45	2.245	كبريتات	109.2	2.273
مغنيسيوم	21.1	1.735	كلوريد	80.5	2.270
بوتاسيوم	6.7	0.171	نترات	9.3	0.150
المجموع		7.957	المجموع		7.03

$$\mathbf{e} = \frac{\mathbf{rc_ra}}{\mathbf{rc + ra}} \times 100 = \frac{\mathbf{7.957 - 7.03}}{\mathbf{7.957 + 7.03}} \times 100 = \frac{\mathbf{0.927}}{\mathbf{14.987}} \times 100$$

$$= 6.185$$

بما أن نسبة الخطأ بلغت 6.185% لذلك تعد النتائج صحيحة، إذ تعد النتائج مقبولة إذا انخفضت نسبة الخطأ عن 10%.

4- الخصائص الكيميائية لأشكال المياه:

Chemical Characteristics of Water Forms

أ- الخصائص الكيميائية لمياه الأمطار:

Chemical Properties of Rain

تشهد نوعية مياه الأمطار تباينات مكانية محدودة إذ ترتفع الملوحة بالابتعاد عن البحار والمحيطات والمناطق الساحلية، كما ترتفع ملوحة الأمطار في مناطق التركز الصناعي والتلوث الهوائي، كما تتأثر نوعية الأمطار بالمظاهر المورفولوجية لسطح الأرض إذ ترتفع الملوحة في المناطق السهلية مقارنة بالمرتفعات. بصورة عامة ينخفض المعدل العام لمجموع الأملاح الذائبة (TDS) في مياه الأمطار إلى حوالي 9.5 ملغم/لتر (جدول 8) ولذلك تقع مياه الأمطار ضمن الصنف الأول ذات المياه العذبة (*Freshwater*) (جدول 9). يرتفع تركيز الصوديوم (Na) إلى 1.1 ملغم/لتر ليمثل أعلى الايونات الموجبة في مياه الأمطار في حين ينخفض تركيز البوتاسيوم (K) إلى 0.26 ملغم/لتر ليمثل أدنى الايونات الموجبة، ويرتفع تركيز الكبريتات (SO_4) إلى 4.2 ملغم/لتر لتمثل أعلى الايونات السالبة في مياه الأمطار في حين ينخفض تركيز النترات (NO_3) إلى 0.3 ملغم/لتر لتمثل أدنى الايونات السالبة. ولذلك يتمثل المعدل العام للايونات الرئيسة في مياه الأمطار بالصيغة الآتية:

$$Na > Ca > Mg > K : SO_4 > HCO_3 > Cl > NO_3$$

ب- الخصائص الكيميائية لمياه الأنهار:

Chemical Properties of Rivers

تتباين نوعية مياه الأنهار مكانياً وزمنياً بفعل تباين الظروف المناخية والخصائص الجيومورفولوجية والأنشطة البشرية في الأحواض النهرية.

جدول 8 معدل تركيز الأملاح الذائبة في أهم أشكال المياه في الكرة الأرضية.

الايونات	الأمطار	الأنهار	المياه الجوفية	المحيطات
صوديوم Na	1.1	6.3	150.5	10760
كالسيوم Ca	0.97	15.0	105	410
مغنيسيوم Mg	0.36	4.1	50.5	1290
بوتاسيوم K	0.26	2.3	10.5	390
بيكاربونات HCO_3	1.2	58.4	240	140
كلوريد Cl	1.1	7.8	75.5	19350
كربتات SO_4	4.2	11.2	55	2710
نترات NO_3	0.3	1.0	3.1	281
مجموع الأملاح TDS	9.49	106.1	598	35130

المصادر:

[1] Matthess, G. 1982. The Properties of Groundwater, (translated by John Harvey), A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, 406 p.

[2] Zhang, L. Song, X. Xia, J. Yuan, R. Zhang, Y., Liu, X. and Han, D. 2010. Major element chemistry of the Huai river basin, China, Applied Geochemistry, Elsevier, pp. 1- 8.

[2] Singhal, B. B. S. and Gupta, R. P. 2010. Applied Hydrogeology of Fractured Rocks, SApplied Hydrogeology of Fractured Rocks, Second Edition, Springer, London, 408 p.

[4] Sverdrup, K. A. Duxbury, A. C. and Duxbury, A. B. 2003. An introduction to the world's oceans, 7th edition, Mc Graw Hill Higher Education, New York. 521 p.

جدول 9 التصنيف البسيط للمياه على وفق الأملاح الذائبة الكلية (TDS).

الصنف	نوعية المياه (*Category*)	TDS (ملغم/لتر)
1	مياه عذبة (*Fresh Water*)	0- 1000
2	*مياه قليلة الملوحة (*Brackish Water*)	1000- 10000
3	مياه مالحة (*Saline Water*)	10000- 100000
4	مياه شديدة الملوحة (*Brine Water*)	100000 <

* إن المياه التي يتباين فيها تركيز الأملاح الذائبة الكلية بين 1000- 2000 ملغم/لتر تعد مالحة في حالة تقييمها لأغراض الشرب.

المصدر:

Hiscock, K. M. 2005. Hydrogeology Principles and Practice, Black Well Publishing, USA., 389 P.

يقدر المعدل العام لمجموع الأملاح الذائبة في مياه الأنهار بحدود 109 ملغم/لتر (جدول 8)، ولذلك تقع مياه الأنهار ضمن الصنف الأول ذات المياه العذبة (*Freshwater*) (جدول 9). ويرتفع تركيز الكالسيوم (Ca) إلى 15 ملغم/لتر ليمثل أعلى الايونات الموجبة في مياه الأنهار في حين ينخفض تركيز

البوتاسيوم (K) إلى 2.3 ملغم/لتر ليمثل أدنى الايونات الموجبة، ويرتفع تركيز البيكاربونات (HCO_3) إلى 58.4 ملغم/لتر لتمثل أعلى الايونات السالبة في مياه الأنهار في حين ينخفض تركيز النترات (NO_3) إلى 1 ملغم/لتر لتمثل أدنى الايونات السالبة. ولذلك يتمثل المعدل العام للايونات الرئيسة في مياه الأنهار بالصيغة الآتية:

$$Ca > Na > Mg > K : HCO_3 > SO_4 > Cl > NO_3$$

ج- الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية:

Chemical Properties of Groundwater

إن نوعية المياه الجوفية تشهد تباينات مكانية كبيرة جداً بسبب تباين مصادر التغذية المائية والخصائص الجيولوجية للخزانات المائية فضلاً عن الظروف المناخية والأنشطة البشرية، ولذلك تنقسم المياه الجوفية على فق نوعيتها إلى صنفين رئيسين هما المياه العذبة والمياه المالحة. يقدر المعدل العام لمجموع الأملاح الذائبة في المياه الجوفية العذبة بحدود 598 ملغم/لتر (جدول 8)، إذ تقع ضمن الصنف الأول ذات المياه العذبة (*Freshwater*) (جدول 9). يرتفع تركيز الصوديوم (Na) إلى 150.5 ملغم/لتر ليمثل أعلى الايونات الموجبة في المياه الجوفية في حين ينخفض تركيز البوتاسيوم (K) إلى 10.5 ملغم/لتر ليمثل أدنى الايونات الموجبة، ويرتفع تركيز البيكاربونات (HCO_3) إلى 240 ملغم/لتر لتمثل أعلى الايونات السالبة في مياه المياه الجوفية في حين ينخفض تركيز النترات (NO_3) إلى 3.1 ملغم/لتر لتمثل أدنى الايونات السالبة. ولذلك يتمثل المعدل العام للايونات الرئيسة في المياه الجوفية بالصيغة الآتية:

$$Na > Ca > Mg > K : HCO_3 > SO_4 > Cl > NO_3$$