معالجة نظرية لمشاكل المياه الجوفية في ترسبات اليورانيوم في منطقة أبو صخير، محافظة النجف – وسط العراق

صداع شريف محمود* و شهلة نجم الدين عبد الله**

المستخلص

تعتبر طوبوغرافية العراق فريدة من نوعها في العالم حيث إن جميع الأمطار الساقطة على العراق تتجه إلى منخفض الرافدين سواء كان ذلك عن طريق السيول في الوديان أو عن طريق المياه المترشحة إلى الخزانات الجوفية.

تعتبر خزانات المياه الجوفية في تكويني الفرات والدمام القريبة من حوض الفرات من الخزانات الجوفية المهمة حيث تحوي مياه غزيرة وذات ضغط عالي وخاصة في تكوين الدمام حيث يتدفق الماء من الآبار إلى ارتفاع ما يقارب عشرة امتار فوق مستوى سطح الأرض في منطقة ابو صخير حيث توجد ترسبات اليورانيوم ضمن تكوين الفرات.

إن التصميم المقترح لاستخراج خامات اليورانيوم في ابو صخير اعتمدت على قلع الخامات بعد عمل نفق عمودي لعزل المياه الجوفية للترسبات الحديثة ومن ثم حفر انفاق افقية وباتجاهات مختلفة لقلع خامات اليورانيوم. إن هذه الطريقة في عملية الاستخراج قد تشكل خطورة كبيرة جدا على العاملين في المنجم جراء عملية القلع حيث احتمالية تفجر المياه الجوفية ذات الضغط العالي من خلال الصدوع أو عمليات القلع والتفجير يمكن إن تؤدي إلى كارثة على العاملين وكما يحدث في مناجم كثيرة في العالم.

لغرض معالجة المشاكل المترتبة على استثمار خامات اليورانيوم في المنطقة اجريت هذه الدراسة التجريبية لخفض مستوى المياه الجوفية في منطقة المنجم المقترح وهو احد الحلول المناسبة التي يمكن إن تطبق في حالة استخراج خامات اليورانيوم. إن هذه العملية يمكن لها إن تكون فعالة من خلال حفر(16) بئر في المنطقة يضخ منها الماء بصورة دائمية بكمية اجمالية مقدارها (15800) متر مكعب في اليوم وتختلف كمية هذه المياه التي تضخ من الآبار حسب موقعها. تم في هذه الدراسة حساب الكميات المطلوب ضخها من هذه الآبار لغرض خفض مستوى المياه الجوفية تحت مستواها الاستقراري الذي يقارب (93) متر. وبالإمكان استعمال هذه الكمية من المياه الجوفية للأغراض الزراعية وخاصة الأشجار حيث إن ملوحتها تتراوح بين 4000- 3000 ملغم / لتر وان نسبة امتصاص الصوديوم (S.A.R.) لا يتجاوز 10 فقط .

THEORETICAL SOLUTION FOR THE GROUNDWATER PROBLEMS IN THE ABU SKHAIR URANIUM DEPOSITS, NAJAF GOVERNORATE – CENTRAL PART OF IRAQ

Sadda Sh. Mahmud and Shahla N. Abd Allah

ABSTRACT

The topography of Iraq is unique in its kind, where all rain fall of the country migrate towards the Mesopotamian depression, whether via valley floods or infiltration to the ground aquifers. The Euphrates and Dammam Formations are important ground water aquifers. They are close to the Euphrates River basin and are rich in vast quantities of ground water under high pressure, especially in the Dammam Formation, where the water head may be about 10 m higher than the average ground level in Abu Skhair area where the uranium deposits are located.

The design for the mining operations in Abu Skhair was based on underground mining by excavation of a vertical shaft to isolate ground water of the aquifer, followed by horizontal tunneling to extract the ore. This way of excavation may represent a grate hazard to the miners during operation where there is a possibility of ground water explosion in these tunnels, due to

* خبير، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص. ب. 986 علوية، بغداد، العراق.

** ر. جيولوجيين أقدم، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص. ب. 986 علوية، بغداد، العراق.

high pressure, via joints and cracks natural or induced by using of explosives during mining, which is a case taking place in many mines in the world.

In order to find solutions to this problem this theoretical study was carried out, as one of the suitable solutions that can be applied in case of these deposits are exploited. This method may be applied by drilling of 16 wells in the area to be used to pump water continuously by about 15800 m^3 / day. The amount of the water to be pumped varies according to the location of each well. The total amount of the water to be pumped should lower the ground water level by about 93 m below its static level.

The ground water pumped from these wells may be used for agriculture. It has a TDS of 3000-4000 mg/l and the S.A.R. value does not exceed 10.

المقدمة

توجد ترسبات اليورانيوم في منطقة أبو صخير على بعد 18 كم جنوب مدينة النجف وبحدود 2 كم غرب مدينة الحيرة (الشكل 1) في منخفض كبير لتجمع المياه السطحية الناتجة من عملية زراعة الشلب في تلك المنطقة حيث لا توجد وديان لتصريف هذه المياه. وهذه المنطقة من الناحية الطوبوغرافية منبسطة ومنخفضة عن مستوى سطح الأرض المحيطة بها وان ارتفاعها عن مستوى سطح البحر بحدود 15 مترا فقط وتسمى هور الجبسة.

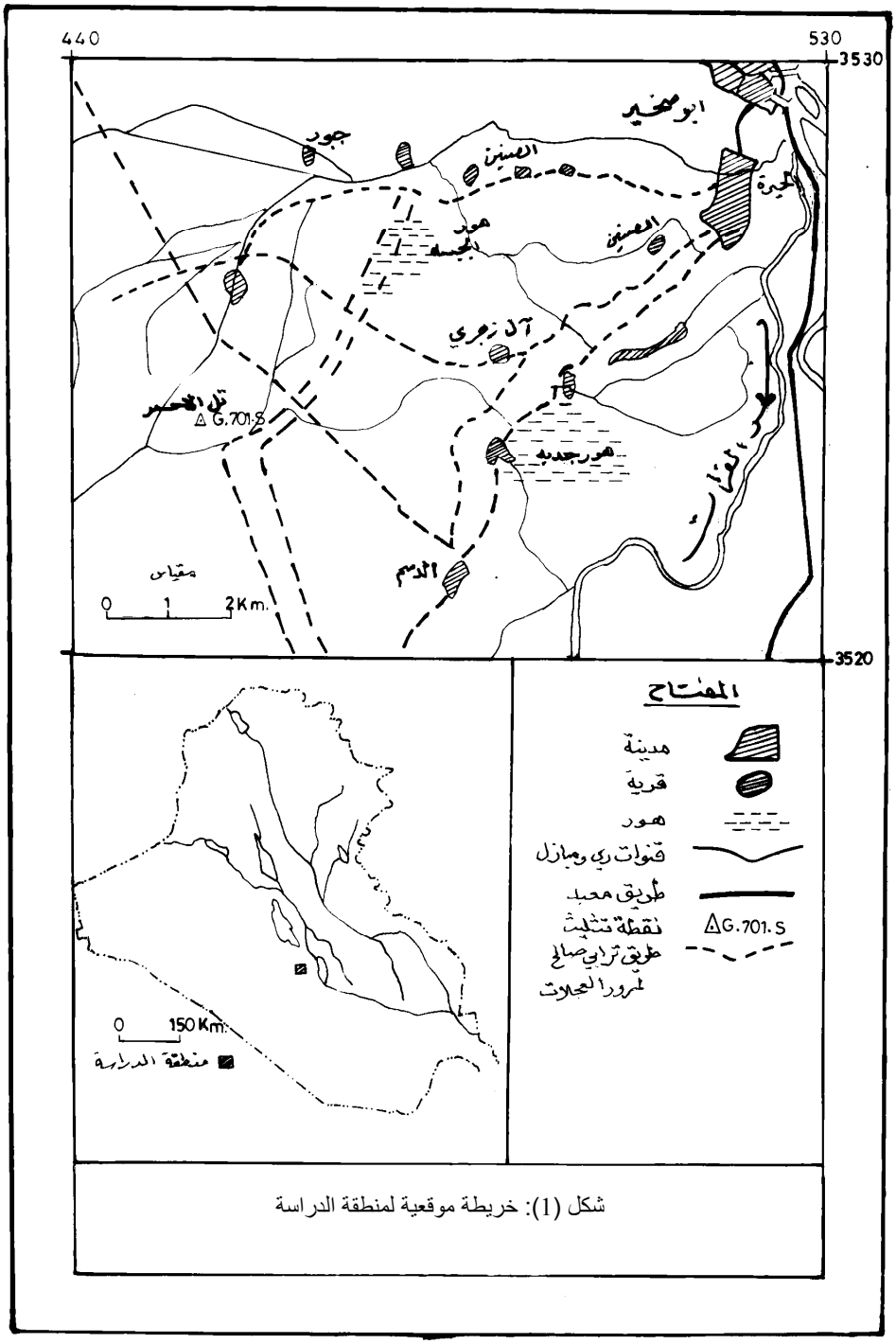
إن التكاوين التي ظهرت أثناء عملية الحفر في هذه المنطقة والحاوية على الماء هي الترسبات الحديثة وتكويني الفرات والدمام. تتكون الترسبات الحديثة من الطين والرمل والطين الرملي وان مصدر المياه الجوفية للترسبات الحديثة ناتج عن سقي مزارع الشلب التي تبزل إلى هذا المنخفض وكذلك من الترع والقنوات الاروائية المنتشرة في المنطقة. يتراوح عمق الترسبات الحديثة من عدة أمتار إلى 20 مترا وهي من النوع غير المحصور وذات نفاذية واطئة.يلي الترسبات الحديثة طبقة من الصخر الطيني والطفل تتخللها في بعض الاعماق طبقة من حجر الكلس الحاوي على الطفل وهذه الطبقات صماء ولا تسمح للمياه بالنفاذ إلى الأعماق وكذلك لا تسمح للمياه العميقة بالصعود إلى الأعلى من الطبقات السفلى وهذه الطبقات الصماء تعود لتكوين النفايل.

قامت الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين بإجراء عدة دراسات جيولوجية للتحري عن هذه الترسبات الحاوية على اليورانيوم ومدى امكانية استغلالها والاستفادة منها (العطية وآخرون، 1984). فضلا عن إجراء دراسات لمعالجة المشاكل المرتبطة بعملية الاستخراج. إن الترسبات التي تم تحديد إمكانية استغلالها تقع ضمن تكاوين تحتوي على كميات من المياه الجوفية لذلك استوجب الأمر إجراء دراسة هيدروجيولوجية للوقوف على إمكانية استغلال هذه الترسبات بطريقة المنجم المفتوح.

يتكون الخزان المائي من حجر الكلس العائد لتكويني الفرات والدمام والمياه الجوفية فيه من النوع المحصور وذات نفاذية يتدفق منها الماء بضغط عالي يصل إلى (10) متر فوق مستوى سطح الأرض وهذه الحالة تمثل مشكلة كبيرة عند القيام باستخراج خامات اليورانيوم الموجودة في المنطقة (محمود، 1995). وقد تم حفر نفق عمودي من سطح الأرض للوصول إلى الطبقة الحاملة للخام تم تبطينه بالاسمنت وذلك لمنع تسرب المياه الجوفية الموجودة في الرواسب الحديثة.

أسلوب العمل

بعد إكمال التحريات الجيولوجية عن ترسبات اليورانيوم في منطقة ابو صخير استوجب الامر اجراء دراسة هيدروجيولوجية للطبقات المائية لتحديد المعاملات الهيدروجيولوجية لتلك الطبقات ولتحقيق ذلك فقد تم حفر عدة مجاميع من الابار تتكون من البئر الاساسي المصمم لعملية الضخ وبئرا اخر للمراقبة اثناء عملية الضخ وقد حفرت هذه الآبار بحيث تتناسب أقطارها مع الغاية المطلوبة لإجراء عملية الضخ وعملية المراقبة.



شكل (1): خريطة موقعية لمنطقة الدراسة

إن الدراسة الهيدروجيولوجية جاءت للطبقة المائية الحاوية على ترسبات اليورانيوم بعد اجراء عملية عزل الطبقات المائية للترسبات الحديثة بواسطة انابيب التبطين مع استعمال التسميت بشكل دقيق بحيث تأكد بصورة عملية بان العزل لهذه الطبقة كان جيدا ولاوجود لاي تسرب لمياه الطبقات العليا والسفلى.

تمت عملية الضخ بواسطة ضاغطة الهواء ولمدة اكثر من 48 ساعة بصورة مستمرة وحتى ثبوت الاستقرارية العامة لحركة المياه الجوفية باتجاه بئر الضخ وبكمية تتناسب مع مقدار انخفاض الماء في آبار الضخ وآبار المراقبة علما بان آبار الضخ تبعد عن آبار المراقبة 10 أمتار.

تم قياس مستوى الماء في بئر الضخ وبئر المراقبة أثناء عملية الضخ بواسطة الأجهزة الكهربائية وبزمن يتناسب مع مقدار انخفاض مستوى الماء في الآبار مع قياس كمية المياه المستخرجة بواسطة صندوق القياس (الزاوية القائمة).

كذلك تمت نمذجة المياه الجوفية لغرض تحديد ملوحة هذه المياه .وتبين إن كمية الأملاح تراوحت بين 3000 الى 4000 ملغم/لتر وان نسبة امتصاص الصوديوم (S.A.R) قليلة ولا تزيد عن 10 وهي ضمن المواصفات العالمية للأغراض الزراعية.

النتائج

إن عملية الضخ لمجاميع الآبار للطبقات المائية في الجزء المحصور وبكميات تتراوح بين5-13 لتر/ثا أدى إلى انخفاض مستوى المياه الجوفية عن مستواه ألاستقراري بحدود 10-30 متر. ومن خلال القياسات المحسوبة مع الزمن وبناءا على نتائج الضخ هذه تم حساب المعاملات الهيدروجيولوجية للطبقات المائية وحسب المعادلات التي تنطبق مع الظروف الجيولوجية و الهيدروجيولوجية لهذه الطبقات وهذه المعاملات التي تم حسابها هي:

معامل الانسياب (T) ومعامل النفاذية (K) ومعامل الخزن (S) ومعامل الانتشار الهيدروليكي (a) ونصف قطر التأثير(R) ،وقد حسبت هذه المعاملات بعدة طرق (Dupuit, Theis, Jacob). (مكسيموف، 1967). تبين إن قيم هذه المعاملات لا تختلف كثيرا بعضها عن البعض الآخر وان هذا الاختلاف ضمن الحالة المقبولة سواء كانت عملية حساب المعاملات بواسطة الضخ أو رجوع الماء إلى مستواه ألاستقراري.

تم حساب معامل الانسياب بطريقة Jacob للمنحني البياني للوغاريتمات الزمن مع الانخفاض الحاصل في مستوى الماء (الشكل 2) وحسب المعادلات التالية:-

$$T = \frac{0.183Q}{C} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث إن C من المنحني البياني

$$C = \frac{s_2 - s_1}{\text{Log } t_2 - \text{Log } t_1} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

وكذلك من المنحني البياني (Jacob) فقد تم حساب معامل الانتشار الهيدروليكي اعتماد على المعادلة التالية:-

$$\text{Log } a = 2 \log r - 0.35 + \frac{A}{C} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

والذي من خلاله يمكن تحديد معامل الخزنٍ (S) حيث إن معامل الانتشار الهيدروليكي (a) بموجب المعادلة يساوي

$$a = \frac{T}{S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

ويحسب نصف قطر التأثير (R) اعتماد على معامل الانتشار الهيدروليكي مع الزمن بموجب المعادلة التالية:-

$$R = 1.5\sqrt{a.t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

تم حساب المعاملات الهيدروجيولوجية بطريقة Theis (بندمان، 1963) للمنحني البياني الوغارتيمي الزمني مع منحني Thesis لتحديد معامل الانسياب بموجب المعادلة التالية :-

$$T = \frac{Q}{4\pi S} \; W(u) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

وبذلك يكون معامل الخزن بموجب المنحني حسب المعادلة التالية:-

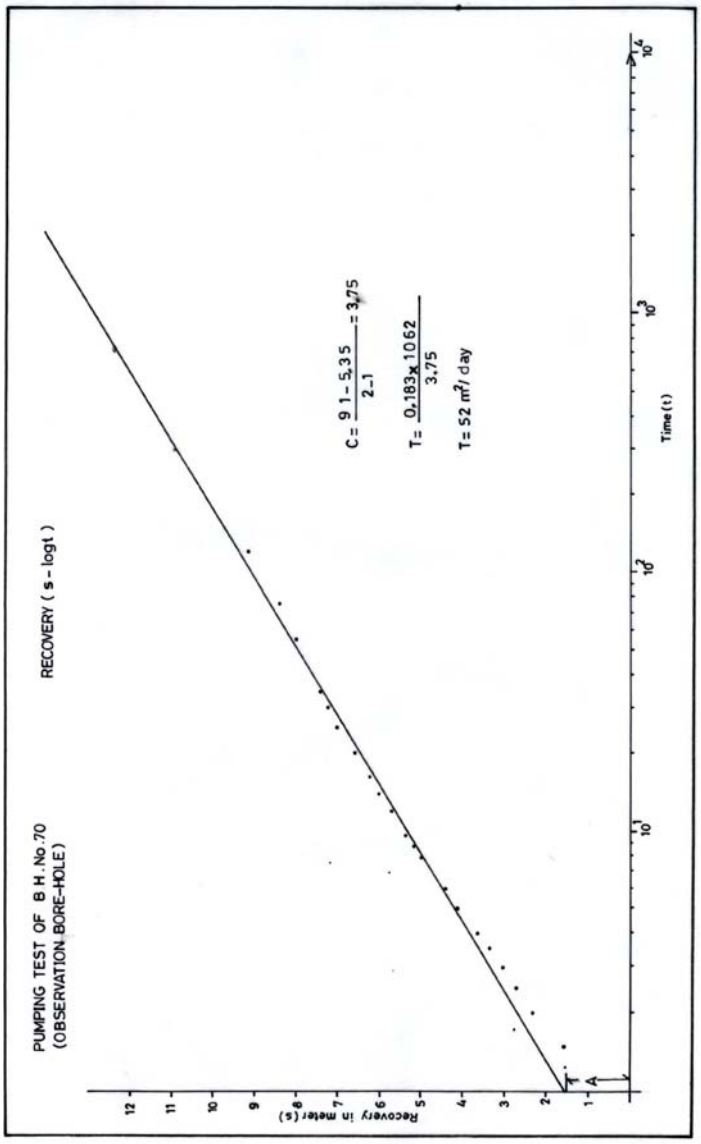
$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

تم حساب المعاملات الهيدرولوجية بطريقة (Dupuit) بموجب المعادلة التالية:-

$$T = \frac{0.366\,Q\,\log\frac{R}{r}}{s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

وحيث إن جميع المعاملات الهيدروجيولوجية وبالطرق الثلاثة متقاربة نوعا ما لذلك فقد تم اخذ القيم الوسطية وهي : معامل الانسياب (T) للمنطقة في المجاميع الثلاثة للآبار هو40 م^2/ يوم، معامل الانتشار الهيدروليكي(a) هو 1.5×10^5 م^2/ يوم ونصف قطر التأثيرR لآبار المنطقة بحدود 1000 متر وعلى هذا الأساس تم حساب مقدار انخفاض مستوى الماء للطبقات المائية لغرض استغلال ترسبات اليورانيوم بحيث يكون مستوى الماء أعمق من مستوى الطبقات الحاملة لليورانيوم بمقدار عشرة أمتار.

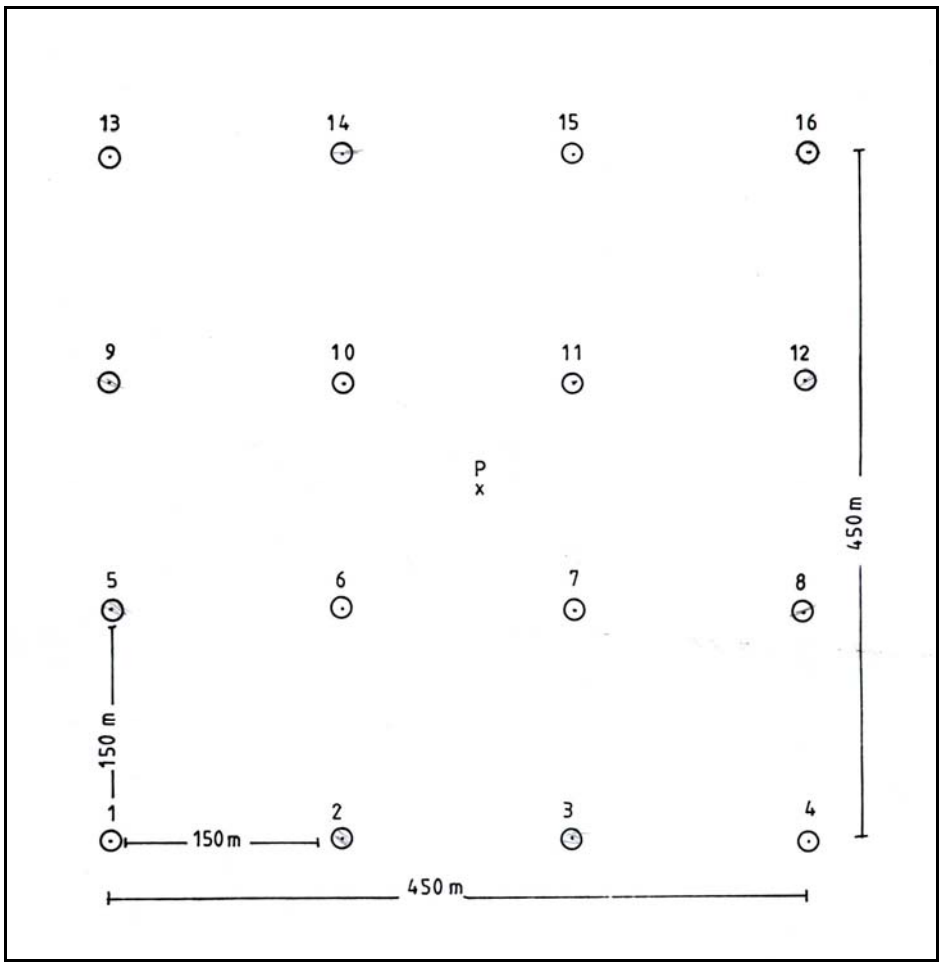
كمية الماء م^3/ يوم	Q
مقدار الانخفاض بالمتر	S
مقدار الانخفاض بالمتر للفترة الزمنية الأولى	s_1
مقدار الانخفاض بالمتر للفترة الزمنية الثانية	s_2
نصف قطر البئر بالمتر	r
البعد بين بئر الضخ وبئر المراقبة بالمتر	R
الزمن باليوم	t
الزمن باليوم للفترة الزمنية الأولى	t_1
الزمن باليوم للفترة الزمنية الثانية	t_2
زاوية الميل للوغاريتمات الزمن مع نزول الماء	C
معامل الانسياب م^2/ يوم	T
معامل الانتشار الهيدروليكي م^2 / يوم	a
نصف قطر التأثير بالمتر	R
النسبة الثابتة (3.14)	π
دالة معادلة Theis بالنسبة لـ (u)	W(u)
المتبقي من خط التلاقي للمنحني البياني	A
معامل الخزن	s



شكل (2): مرتسم تحليل نتائج الضخ بطريقة (Jacob) لأحد آبار المراقبة

المناقشة

تم في هذه الدراسة تحديد منطقة ترسبات اليورانيوم في المنطقة والتي يمكن إن تستغل بواسطة منجم تحت الأرض وتبين إن مساحتها حوالي 202500 متر مربع وبذلك يستوجب الأمر حفر(16) بئر عمق كل منها(110) متر للسيطرة على خفض مستوى الماء في مركز المنطقة (P) الى العمق المطلوب ضمن مربع للآبار طول ضلعه (450) متر (الشكل 3). بينت الدراسات الجيولوجية والهيدروجيولوجية والجيوتكنيكية للطبقات المائية إن المعاملات التالية يمكن استعمالها من الحسابات التي تمت وكما يلي:



شكل (3): رسم توضيحي لشبكة الآبار

طول المرشح بالمتر..... L =13m

معامل الانسياب..... $T = 40m^2/day$

سمك الطبقة المائية بالمتر ..... M = 19.5m

نصف قطر التأثر بالمتر..... R = 1000m

مقدار انخفاض مستوى الماء المفروض بالمتر..... S = 100m

نصف قطر بئر الضخ بالمتر ..... $r_c = 0.125m$

ارتفاع عمود الماء من قعر البئر وحتى مستواه ألاستقراري بالمتر ..... H=120m

البعد بين الآبار المتجاورة بالمتر ..... 2b = 150m

استوجب الأمر حساب كمية المياه التي يجب إن تضخ من الآبار(16,13, 4,1) الواقعة في زوايا المربع وحسب المعادلة التالية (Macket, Abpamob) (ابراموف وآخرون، 1961) :

$$Q1,4,13,16 = \frac{2 \times \pi \times T \times S \times B \times \lin\left(1.42\frac{\sigma}{m}\right)}{(1+B)N} \quad \ldots\ldots (9)$$

حيث إن قيمة N بموجب المعادلة التالية تكون:

$$N = 4 \lin\left(1.42\frac{R}{\sigma}\right) \lin\left(1.42\frac{\sigma}{m}\right) + \lin\left(\frac{R}{m}\right) \lin\frac{\sigma}{28.2 \times m} \quad \ldots\ldots (10)$$

وبذلك تكون قيمة N تساوي 21.19

وبما أن

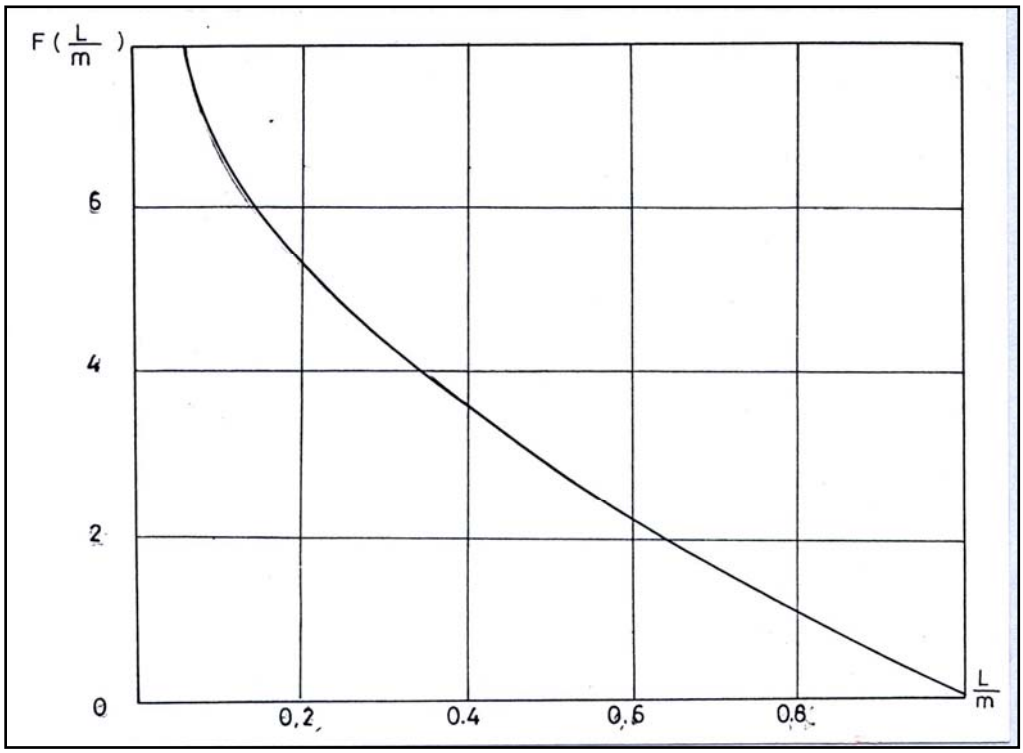
$$B = \frac{N}{\varepsilon} \quad \ldots\ldots (11)$$

حيث إن مقدار ε يساوي:

$$\varepsilon = \frac{m}{2L}\left[2 \times \lin\frac{4m}{r} - F\left(\frac{L}{m}\right)\right] - 1.38 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

ومن العلاقة التالية للمنحني البياني بين $F\left(\frac{L}{m}\right)$ مع $\frac{L}{m}$ (الشكل 4)

تكون قيمة $F\left(\frac{L}{m}\right) = 2$



شكل (4): الرسم البياني Zapnom للحصول على قيمة $F\left(\frac{L}{m}\right)$

(Zapnom في مكسيموف، 1967)

وبذلك تكون قيمة ε من المعادلة التالية:-

$$\varepsilon = \frac{19.5}{2.13}\left[2\ \text{lin}\frac{4\times 19.5}{0.125} - F\left(\frac{13}{19.3}\right)\right] - 1.38$$

$$\varepsilon = 6.77$$

$$\beta = \frac{21.19}{6.77} = 3.13$$

وبذلك تكون كمية الماء المطلوب ضخها لتحقيق الهدف:

$$Q1 = \frac{2\times 3.14\times 40\times 100\times 3.13\left[1.42\frac{75}{19.5}\right]}{\left[1+3.13\right]21.19} = 1525\ \text{م}^3\text{/ يوم}$$

$$Q1 = Q4 = Q13 = Q16 = 1525\ \text{م}^3\text{/ يوم}$$

أما كمية المياه التي يستوجب ضخها من الآبار 15,14,12,9,8,5,3,2 وحسب معادلة Macket (ابراموف، وآخرون ، 1961) فهي:-

$$Q_1{:}Q_2{:}Q_6 = (y^2 + 3.66y - 0.28)\left\{y^2 - 0.98y - 0.622\right\}{:}\left\{y^2 - 2.2y + 0.671\right\} \quad .....(13)$$

حيث إن قيمة (y)

$$y = \text{lin}\frac{2\delta}{r_c} = 7.09 \quad .... (14)$$

$$Q_1 : Q_2 : Q_6 = \left\{7.09^2 + 3.66\times 7.09 - 0.28\right\} : \left\{7.09^2 - 0.98\times 7.09^2 - 0.622\right\} : \left\{7.09^2 - 2.2\times 7.09 + 0.671\right\}$$

$$Q_1{:}\ Q_2{:}\ Q_6 = 75.94 : 42.698 : 35.34$$

وبذلك يكون كمية المياه التي يجب إن تضخ من البئر (2) هي:

$$Q_2 = \frac{Q_1.42.698}{75.94} = 857\ \text{م}^3\text{/يوم}$$

وبما إن الآبار $Q_2 = Q_3 = Q_5 = Q_8 = Q_9 = Q_{12} = Q_{14}$ متساوية في القيم فيضخ 857 م^3 /يوم من كل منهم.

أما قيمة البئر Q_6 فتحسب بموجب المعادلة السابقة و كما يلي:

$$Q_6 = \frac{1525 \times 35.34}{75,94} = 709.7 \text{ م}^3/\text{يوم}$$

وبذلك تكون الآبار $Q_6 = Q_7 = Q_{10} = Q_{11}$ متساوي بكمية المياه المطلوب ضخها لتحقيق انخفاض مستوى الماء الجوفي وعلى هذا تكون مجموع كميات المياه التي يستوجب ضخها من جميع الآبار(Q_n).

$$Q_n = 4 \times 1525 + 8 \times 857 + 4 \times 709$$
$$Q_n = 15792 \text{ م}^3/\text{ يوم}$$

يجب إن تستمر عملية الضخ من هذه الآبار بشكل دائم وعلى مدار الساعة بهذه الكمية للوصول إلى خفض المياه الجوفية في النقطة (P) إلى (93) متر تحت المستوى ألاستقراري لمنسوب المياه الجوفية.

لغرض التأكد من صحة الحسابات السابقة لكمية المياه الجوفية التي يجب إن تضخ من شبكة الآبار التي تحتوي على (16) بئرا لخفض مستوى المياه الجوفية إلى العمق المطلوب (تحت ترسبات خامات اليورانيوم) فقد تم إجراء الحسابات بموجب معادلة Macket (ابراموف، وآخرون، 1961) للنقطة P_1 وكما يلي:

$$H_x = H - \left\{ \frac{Q_1}{2\pi T} \ln \frac{R}{X_1} + \frac{Q_2}{2\pi Tm} \ln X_2 + \cdots\cdots\cdots \frac{Q_n}{2\pi T} \ln \frac{R_n}{X_n} \right\} \quad \text{.....(15)}$$

$X_1 = X_4 = X_{13} = X_{16} = 311$ متر

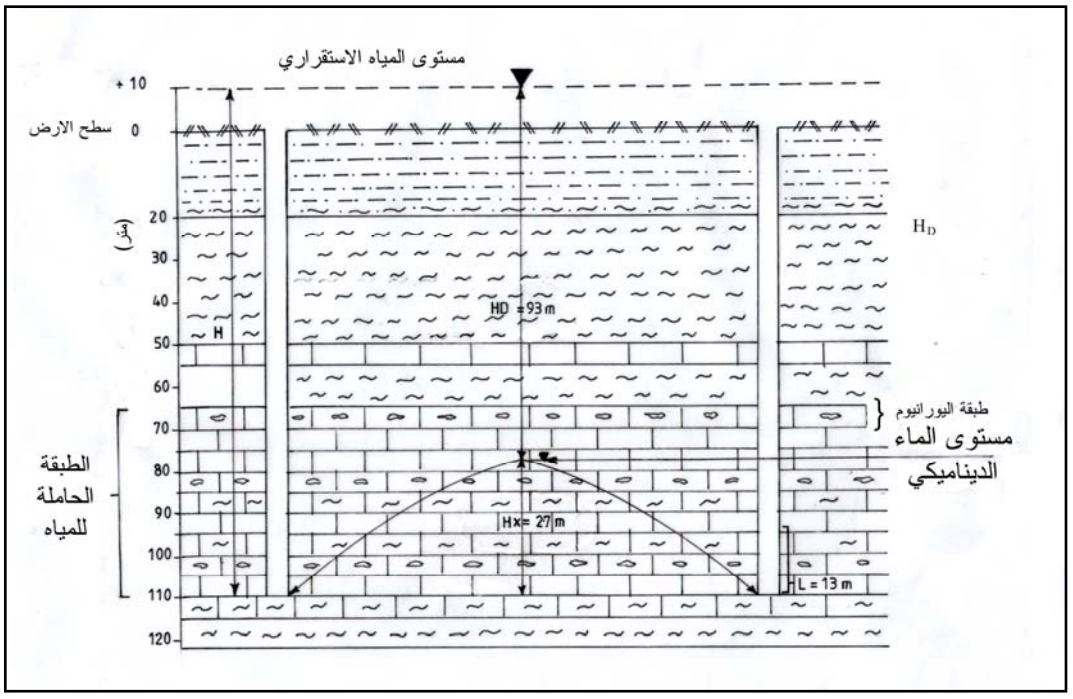
$X_2 = X_3 = X_5 = X_8 = X_9 = X_{14} = X_{15} = 236.5$ متر

$X_6 = X_7 = X_{10} = X_{11} = 105$ متر

$H_x = 120\text{-}93 = 27$ متر

هذا يؤكد بان المياه الجوفية سوف تنخفض تحت الأرض بحدود 83 مترا وهذا يتناسب مع ما هو مطلوب لإجراء عملية القلع بصورة جيدة وآمنة وبدون خطورة على العاملين (الشكل 5).

طول المرشح بالمتر	L
سمك الطبقة المائية بالمتر	M
معامل الانسياب م^2 / يوم	T
نصف قطر التأثر بالمتر	R
مقدار انخفاض الماء المفروض بالمتر	S
نصف قطر بئر الضخ بالمتر	r_c
ارتفاع عمود الماء من قعر البئر وحتى مستواه ألاستقراري بالمتر	H
البعد بين نقطة P_1 والآبار بالمتر	$X_1, X_2 \ldots X_n$
مقدار عمود الماء المتبقي بعد ضخ الماء من قعر الآبار إلى أدنى مستوى بالمتر	H_x
مقدار الانخفاض الحاصل بفعل عملية الضخ بالمتر	H_D



شكل (5): مقطع توضيحي لخفض مستوى المياه الجوفية في منطقة الدراسة

الاستنتاجات

- إن عملية القلع التجريبي التي نفذت لاستخراج اليورانيوم في منطقة أبو صخير (هور الجبسة) بطريقة النفق العمودي الذي تم بواسطة عزل المياه الجوفية للترسبات الحديثة بواسطة الاسمنت لاغبار عليها وهي طريقة مقبولة.
- أما عملية القلع بواسطة الإنفاق الأفقية والتي يقع تحتها الخزان المائي المحصور ضمن تكويني الفرات والدمام وبضغط عالي ولا يفصلها إلا سمك قليل عن الطبقة الاقتصادية فهي تشكل خطورة كبيرة جداً حيث إن احتمالية تفجر المياه الجوفية ذات الضغط العالي من خلال الصدوع أو عملية القلع يمكن إن تؤدي إلى كارثة على العامين وكما يحدث في مناجم كثيرة في العالم وعلى هذا الأساس يمكن اقتراح سبيل خفض المياه الجوفية ليكون احد الحلول المناسبة لكي يطبق في عملية استخراج خام اليورانيوم من هور الجبسة.

المصادر

أبراموف، س ك وسكليكوف، أ ب وجلتسوف، م أ، 1961.تجفيف المقالع والمناجم .391 ص (المصدر باللغة الروسية).
العطية ، موسى جعفر ومهدي ، محمد عبد الأمير والقزاز ، حكمت محمد والحمد ، بيداء مهدي ، 1984. التحري التفصيلي عن اليورانيوم في منطقة أبو صخير.الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير رقم 1692.
بندمان، هـ هـ، 1963. تقييم الاحتياطي الاستثماري للمياه الجوفية. تدرا، موسكو، 202 ص(المصدر باللغة الروسية).
محمود، صداع شريف، 1995. دراسة هيدروجيولوجية لمنطقة أبو صخير. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ،تقرير رقم 1695.
مكسيموف، ب.م، 1967. الأسس الرئيسة في المراجع الهيدروجيولوجية. ندرا،لينينغراد، 570 ص (المصدر باللغة الروسية).