استخدام الزيوليت الخام في معالجة مياه الصرف الناتجة عن المشافي

عبد الرحمن تتان*، فاطمة جعارة**، نوزت النبغلي***

(الإيداع: 13 آب 2024 ، القبول: 3 آيلول 2024)

الملخص:

تم في هذه الدراسة معالجة مياه الصرف الناتجةعن مشفى حلب الجامعي باستخدام الزيوليت الخام السوري بطريقة الامتزاز، تم الحصول على عينة نموذجية من الزيوليت الخام السوري، تم طحن الزيوليت الخام وفرزه بحسب الحجم الحبيبي، جمعت عينات من مياه الصرف الناتجة من مشفى حلب الجامعي ثم حددت مواصفاتها الفيزيائية والكيميائية بتقنيات التحليل المرجعية.

تم دراسة معالجة مياه الصرف الملوثة بتقنية الامتزاز باستخدام الزيوليت الخام وبشروط معالجة مختلفة (الكمية، زمن التماس، الحجم الحبيبي)، وتبين أنه تزداد فعالية المعالجة بازدياد كمية الزيوليت المضافة، وأفضلها هي 2 غرام لكل ليتر من المياه الملوثة، كما تبين أنه تزداد فعالية المعالجة بتناقص الحجم الحبيبي للمادة المازة المستخدمة وذلك نتيجة ازدياد السطح النوعي، حيث لوحظ أن حجم 100 ميكرون يعتبر الأفضل كما أنه تزداد فعالية المعالجة بازدياد زمن التماس (النقع) ويعتبر افضل زمن هو 120 دقيقة، وقد أثبتت النتائج بان المياه المعالجة صالحة للري.

الكلمات المفتاحية: الزيوليت– مياه صرف المشافي– احتياج الأكسجين الكيميائي (COD).

*طالب دراسات عليا (دكتوراه)، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب.

** قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب.

*** قسم العلوم الأساسية، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب.

The use of raw zeolite in treating hospital wastewater

* Fatimeh Jaara , ** Nawzt Nebghali, *** Abdalrhman Tattan

(Received: 13 Augast 2024 ,Accepted: 3 September 2024)

Abstract:

In this study, wastewater resulting from Aleppo University Hospital was treated using Syrian crude zeolite by adsorption method. A representative sample of Syrian crude zeolite was collected. The raw zeolite was ground and sorted according to granular size. Samples of wastewater resulting from Aleppo University Hospital were collected and then determined. Their physical and chemical specifications using reference analytical techniques.

The treatment of polluted wastewater using adsorption technology using raw zeolite was studied under different treatment conditions (quantity, contact time, granular size). It was found that the effectiveness of the treatment increases with the amount of added zeolite, the best of which is 2 grams per litter of polluted water. It was also shown that the effectiveness of the treatment increases. By decreasing the granular size of the adsorbent material used, as a result of the increase in the specific surface, it was noted that a size of 100 microns is considered the best. The effectiveness of the treatment increases as the contact time (soaking) increases, and the best time is 120 minutes. The results have proven that the treated water is suitable for irrigation.

Keywords: Zeolite – hospital wastewater – chemical oxygen demand (COD).

* Dept of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering , University of Aleppo.

** Dept of science basic, Faculty of Civil Engineering , University of Aleppo

*** PHD student , Dept of Environmental Engineering , Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo

1–مقدمة

تستهلك المستشفيات كميات كبيرة من المياه دون النظر في إمكانية معالجة هذه المياه وإعادة استخدامها لأغراض معينة للتقليل من الاعتماد على المياه الجوفية والتخفيف من الاضرار المؤثرة على البيئة، فما يحدث حاليا هو طرح مياه الصرف بشكل كامل الى شبكة الصرف الصحي وهذا يشكل عبئاً كبيراً على على الصحة العامة والبيئة [1].

تعد مياه الصرف الناتجة من المستشفيات واحدة من أهم مصادر التلوث وذلك لما تحتويه هذه المياه من ملوثات عضوية ولا عضوية فضلاً عن احتوائها على مسببات مرضية مختلفة والعديد من المعادن الثقيلة. هناك تشابه بين مياه الصرف للمستشفيات ومياه الصرف الصحي المنزلية الا انها تتميز بخصوصية احتوائها على العديد من المركبات والاحياء الخطرة والبكتريا والفيروسات والديدان والمواد الكيماوية الخطيرة والصيدلانية فضلا عن النظائر المشعة مع كميات كبيرة من المواد المعلقة. ان المستشفيات تطرح كميات كبيرة من مياه الصرف التي تحتوي على ملوثات مختلفة كماً ونوعاً من ساعة الى أخرى ومن فصل الى آخر، من هذا المبدأ جاءت الحاجة الملحة لمعالجة مياه الصرف الصادرة عن المستشفيات للحد من الاخطار التي قد يسببها طرح هذه الملوثات بدون معالجة [1].

درس العديد من الباحثين معالجة مياه الصرف التابعة للمستشفيات، ولعل أبرز الدراسات في هذا المجال هي دراسة بيريل حيث حدد مواصفات مياه الصرف الناتجة عن مخبر المشفى في غازي عنتاب إن النتيجة النهائية التي توصل اليها الباحث أن المياه الناتجة عن مخبر المشفى تحتوي على بعض العناصر الملوثة بتراكيز تفوق الحدود المسموحة للمعايير القياسية العالمية، لذا لا بد من معالجة هذه المياه.

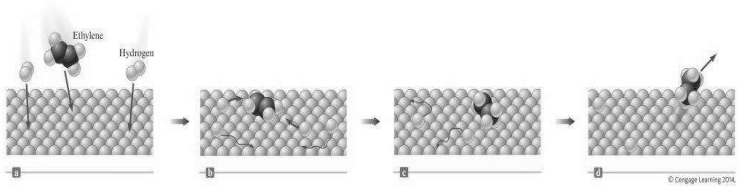
تحتوي المشافي على مصادر عديدة للتلوث ناتجة عن أنشطتها تتمثل هذه الملوثات في الحمل العضوي العالي والمواد السامة والمركبات الكيميائية والنظائر المشعة والبكتريا المرضية والفايروسات الناتجة عن الوحدات المختلفة في المستشفى ومنها وحدة المختبرات، والتي تحوي على أنواع عديدة من المختبرات منها (مخبر الكيماويات، مخبر الدمويات، مخبر الجراثيم، مخبر الهرمونات، مخبر PCR، مخبر الدراسات، مخبر المصليات، مخبر الشوارد، مخبر PT) [3].

لايتم في مختبرات التحليل في المشافي العديد من الفحوصات الروتينية والتي يستخدم فيها مواد ومركبات كيميائية مختلفة من أهمها (السيانيد، الفينول، الزئبق، البروم، الفورم الدهيد، الكروم، والزنك) تلك المركبات تنتقل عبر الشبكة الى المجرى العام للمشفى وتؤثر على الخصائص النوعية فيه وتصرف كما هي بكل ما تحمله من مخاطر وقد لوحظ أن مياه صرف المختبرات تمثل حوالي 7–20% من مياه الصرف الكلية للمشفى [4].

تعتبر معالجة المياه بتقنية الامتزاز من أهم طرائق معالجة المياه، والامتزاز هو عملية تجمع المواد المنحلة أو الغازات على سطح جسم صلب أو سائل، فالمواد الصلبة المسامية أو المطحونة جيداً يمكن أن تحتجز الكثير من المادة الممتزة بسبب المساحة السطحية الكبيرة، وبنفس الطريقة فإن مساحة سطح المادة الممتزة السائلة تكون أكبر إذا تم تقسيم السائل إلى قطرات صغيرة جدا،وفي بعض الحالات، ذرّات المادة الممتزة تشترك في الإلكترونات مع ذرّات سطح المادة المازه، مما يشكّل طبقة رقيقة من مركب كيميائي، ويعتبر الامتزاز عملية طاردة للحرارة لأن الطاقة يتم إطلاقها عندما تلتصق المادة الممتزة بالمادة المازة. يعتمد معدل عملية الامتزاز بشكل كبير على مساحة السطح ودرجة الحرارة [5, 6].

تعمل درجة الحرارة المنخفضة على تعزيز الامتزاز لأن الجسيمات ذات الطاقة الحرارية الأقل لديها طاقة حركية أقل ومن المرجح أن تلتصق بالأسطح عن طريق تكوين الرابطة التساهمية أو الرابطة الهيدروجينية أو قوى أخرى بين الجزيئات. يستعان بعملية الامتزاز لفصل مخاليط من سوائل أو غازات مختلفة ولتجفيف وتنقية الغازات والسوائل ولتنقية المياه أيضا. والامتزاز نوعين فعندما تكون الرابطة بين المادة الممتزة وبين المادة المازة ضعيفة فإن الامتزاز يعرف بالإمتزاز الفيزيائي، وعندما تتحد الجزيئات الممتزة كيميائيا مع سطح المادة المازة فإنها تلتصق به بشدة وتسمى هذه العمليّة بالامتزاز الكيميائي.

تكوّن الجزيئات الممتزة في الإمتزاز الكيميائي طبقة واحدة، لكنها ربما تكوِّن عدة طبقات في عملية الإمتزاز الفيزيائي يبين الشكل (1) عملية الامتزاز. [5, 6].



الشكل رقم (1): عملية الامتزاز

يستفاد من دراسة الامتزاز من المحاليل في توصيف المادة المازة الصلبة، كما يفيد في تقييم المادة المازة وتحديد نوعيتها بسرعة، إن الامتزاز من المحاليل سهل تجريبياً، ويعتمد على قياس تركيز المادة المنحلة.

تستخدم طرائق قياسية في التوصيف كما تستخدم تقانات عديدة منها ما يعتمد على تحديد منحني امتزاز كامل وآخر يعتمد على منحني الامتزاز في الأعمدة [7].

يستخدم نموذج لانغموير (Langmuir) وفريندلش (Freundlich) لملاحظة منحنيات الامتزاز ولمعرفة عوامل الامتزاز، حيث تعتمد منحنيات لانغموير على افتراض أن الامتزاز يتم على طبقة واحدة من السطح الذي يحوي على عدد محدود من المواقع الامتزازية ذات طاقة متماثلة، وحسبت السعات الامتزازية من العلاقة التالية (1) [8].

$$X_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times 1000 \quad (1)$$

حيث:

C_e: التركيز التوازني لمحلول الشاردة المدروسة بعد النقع (المعالجة) مقدرةً بـ(mg/l).

C_0: التركيز الابتدائي لمحلول الشاردة المدروسة قبل النقع (mg/l).

X_e: كمية المادة المنحلة الممتزة على واحدة الوزن من المادة المازة (mg/g).

1000: حجم المياه المعالجة.

ويعبر عن معادلة لانغموير بالعلاقة (2):

$$\frac{C_e}{X_e} = \frac{1}{X_m \times K_L} + \frac{1}{X_m} C_e \quad (2)$$

حيث:

C_e: التركيز التوازني لمحلول الشاردة المدروسة بعد النقع (المعالجة) مقدرةً بـ(mg/l).

X_e: كمية المادة المنحلة الممتزة على واحدة الوزن من المادة المازة (mg/g).

X_m: السعة الامتزازية للطبقة الواحدة مقدرةً بـ(mg/g).

K_L: ثابت لانغموير، يتعلق بطاقة الامتزاز الحرة، وتحسب الثوابت (X_m, K_L) من ميل الخط المستقيم المرسوم لـ C_e/X_e بدلالة C_e [9].

يفترض نموذج فريندلش عدم تجانس الطاقة على سطح المادة المسامية وفيه تختلف طاقة الامتزاز تبعاً لاختلاف حرارة الامتزاز [7]، يمكن كتابة نموذج فريندلش العلاقة (3):

$$lnX_e = lnk_f + \frac{1}{n} lnC_e \qquad (3$$

C_e: التركيز التوازني لمحلول الشاردة المدروسة بعد النقع (المعالجة) مقدرةً بـ(mg/l).

X_e: كمية المادة المنحلة الممتزة على واحدة الوزن من المادة المازة (mg/g).

K_f: ثابت فريندلش يتعلق بالسعة الامتزازية للمادة المازة (mg/l)

1/n: ثابت يتعلق بشدة الامتزاز.

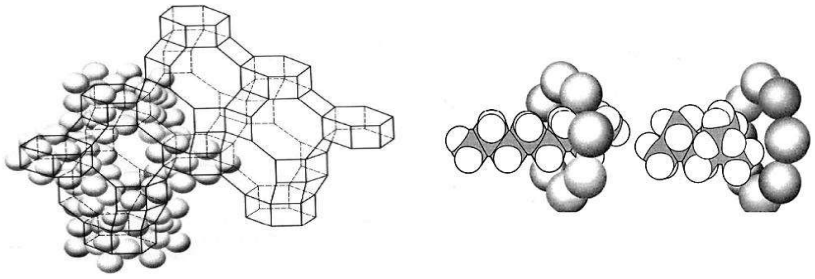
يمكن حساب بارامترات نموذج فريندلش (k_f,1/n) من ميل الخط المستقيم المرسوم لِـ ln X_e بدلالة ln C_e ينطبق نموذج فريندلش بشكل كبير على الجمل غير المتجانسة، خاصة المركبات العضوية ذات التفاعلات السريعة على الكربون الفعال والمناخل الجزيئية [9].

يعتبر الزيوليت بأنواعه المختلفة الطبيعي والمعدل والصناعي من أهم المواد المستخدمة في الامتزاز، حيث يشكل الزيوليت محوراً هاماً في مجال البحث العلمي والصناعة والزراعة نظراً لسهولة استخراجه من مكامنه بتكاليف زهيدة، بالإضافة لأهميته الكبيرة في عمليات الفصل والتنقية [10].

الزيوليت عبارة عن سيليكات الألمنيوم ذات بناء مؤلف من أربع شوارد أكسجين O^{2-} محاطة بشوارد موجبة (عادةً Si^{4+} أو Al^{3+})، ويحتوي على مسامات دقيقة ممتلئة بجزيئات الماء وشوارد قابلة للتبادل (K^+، Na^+، Ca^{++} وأخرى) لذلك يدعى بالمناخل الجزيئية. وإنّ الصيغة الكيميائية العامة للزيوليت هي كما يلي [11]:

$$(Na, K)_x(Mg, Ca, Sr, Ba)_y\ [Al_{(x+2y)}Si_{[n-(x+2y]}O_{(2n)}].mH_2O$$.

والشيء المميز للفلزات الزيوليتية هو بنيتها البلورية، حيث تصطف وتترابط رباعيات الوجوه المؤلفة لها بطريقة معينة لتشكل حلقات نجمية رباعية الشكل، تترابط هذه الحلقات النجمية لتشكل بُنى هيكلية تحوي على فراغات كبيرة نسبياً تتصل مع بعضها لتشكل أنابيب وأقنية لتعطي بنية مسامية خاصة مميزة لهذه السيليكات الهيكلية كما هو موضح بالشكل رقم (2).



المناخل الجزيئية للزيوليت شكل فلز الزيوليتChabazite

الشكل رقم (2): بنية الزيوليت

وعند التسخين تفقد الفلزات الزيوليتية الماء تدريجياً من خلال الأقنية محافظة على حجمها. والفلزات الزيوليتية التي فقدت الماء تغدو ناشرة للحرارة عند غمرها فيه، ويترافق هذا بحدوث فوران، ولذلك سميت الزيوليتات بهذا الاسم (أي الحجر الفوار، من اللغة اليونانية، زيو: يفور، ليتوس حجر) [11].

تتمتع الزيوليتات بفعَّالية كيميائية كبيرة وقابلية للتبادل الشاردي والامتزاز وهذا يعطيها أهمية كبيرة لاستخدامها في تنقية مياه الشرب، وفي الصناعات الكيميائية العضوية، وفي زيادة فعالية الأسمدة الزراعية، كما يمكن أن تستخدم في حفظ رطوبة التربة، وفي صناعة الأعلاف [12].

2–الهدف من البحث

يهدف هذا البحث لدراسة مياه الصرف الناتجة عن المشافي ومدى فعالية معالجتها باستخدام الزيوليت الخام السوري بطريقة الامتزاز بتطبيق شروط معالجة مختلفة لاختيار الأفضل. وقد تم اختيار مشفى حلب الجامعي في هذا البحث نظراً لكونه واحداً من أهم المراكز الحيوية والاستراتيجية نظراً لما يقدمه من خدمات طبية مجانية وتعليمية لعامة المواطنين السوريين.

3–القسم العملي

3–1–مواد وطرائق البحث

تم الحصول على الزيوليت الخام من المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية (عدرا–المكيحلات) وكان على شكل حبيبات بقطر أعظمي 1mm، ثم طحنت عينة الزيوليت باستخدام مطحنة بورسلانية مع كرات مختلفة الاحجام، ثم فرز الزيوليت المطحون إلى عدة حجوم حبيبية باستخدام مع مناخل قياسية بوجود هزاز كهربائي. يوضح الجدول رقم (1) التركيب الكيميائي لأهم المكونات المتواجدة في الزيوليت الخام وفقاً لبيانات المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية.

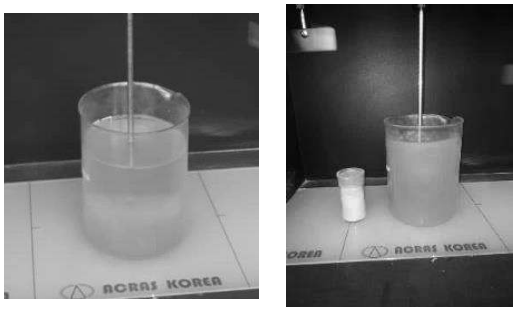
الجدول رقم (1): التركيب الكيميائي للزيوليت الخام المدروس

المكون	W%
L.O.I	17.85
SiO_2	39.83
Al_2O_3	10.24
Fe_2O_3	11.11
MgO	5.77
CaO	8.34
Na_2O	3.31
K_2O	1.11
SO_3	0.36
الوزن النوعي (g/cm^3)	2.26

تم اخذ عدة عينات من مياه الصرف الناتجة عن مشفى حلب الجامعي ومزجت لتشكيل عينة قياسية استخدمت لإجراء الدراسات اللاحقة، حيث تم إضافة الزيوليت لتلك العينات بكميات وحجم حبيبي وأزمنة معالجة مختلفة وفق الجدول رقم (2)، الشكل رقم (3).

الجدول رقم (2): الشروط المطبقة للمعالجة بالزيوليت الخام المدروس

رمز العينة	كمية الزيوليت المضافة gr	الحجم الحبيبي للزيوليت µm	حجم المياه الملوثة ml	زمن المعالجة min
A	0.5	500	1000	30
B	1	500	1000	30
C	2	500	1000	30
D	3	500	1000	30
E	2	300	1000	30
F	2	100	1000	30
G	2	100	1000	60
H	2	100	1000	120



الشكل رقم (3): المعالجة بالزيوليت

أجريت التحاليل الكيميائية لعينات المياه قبل وبعد المعالجة بالزيوليت ووضعت النتائج في الجداول (3,4,5).

تم دراسة نموذجي الامتزاز للانغموير وفريندلش على شاردة النحاس (لأنها أعطت أعلى مردود إزالة) وحسبنا الثوابت المطلوبة لكل معادلة كما هو مبين في الجداول (6) و(7) و(8) والشكلين (4) و(5).

3-2-النتائج والمناقشة

3-2-1-مواصفات الزيوليت المستخدم: يوضح الجدول رقم (1) أن عينة الزيوليت المدروسة تحتوي على نسب مرتفعة من ثنائي أكسيد السيليسيوم SiO_2 الموافقة للبنية السيليسية للزيوليت بالإضافة إلى وجوده في المواد المرافقة كالغضار والفلدسبار. ويتواجد أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 الذي يشكل مع ثنائي أكسيد السيليسيوم SiO_2 البنية الفراغية لمختلف الفلزات الزيوليتية، وتحتوي العينة على أكسيد الحديد Fe_2O_3 الذي يمكن أن يتواجد بشكل غير مرتبط، ويلاحظ وجود أكاسيد الصوديوم Na_2O والبوتاسيوم K_2O اللذان يمتلكان أهمية خاصة في عمليات التبادل الشاردي.

3-2-2-تأثير كمية الزيوليت على كفاءة المعالجة

يلاحظ من الجدول رقم (3) أنه تزداد فعالية المعالجة بازدياد كمية الزيوليت المضافة وأفضل كمية هي 3 غرام من الزيوليت (ذو الحجم الحبيبي 500µm) لكل ليتر من الماء حيث انخفضت جميع الملوثات المدروسة للحدود المسموح بها للطرح في المجرور، وانخفضت كذلك للحدود المسموح بها للاستخدام في الري عدا نسبة الأمونيا المرتفعة قليلاً.

أي إن المعالجة بإضافة 2gr من الزيوليت تحقق كل المواصفات عدا الفوسفات والأمونيا تبقى مرتفعة بنسبة صغيرة لذلك تابعنا دراسة بقية المتغيرات باستخدام 2gr فقط من الزيوليت.

الجدول رقم (3): تأثير كمية الزيوليت المضافة على كفاءة المعالجة

المواصفات	الرمز	المسموح القائها في المجرور	المستخدمة لاغراض الري مغ/ل	الواحدة	قبل المعالجة	A (0.5gr)	B (1gr)	C (2gr)	D (3gr)
الرقم الهيدروجيني	PH	6.5-9.5	6-9	-	7.1	7.1	7.3	7.4	7.5
مجموع المواد العالقة	T.S.S	500	150	مغ/ل	350	210	198	176	162
الكبريتات	SO_4	1000	500	مغ/ل	610	175	152	141	138
الأمونيا	NH_4	100	5	مغ/ل	28	12	10	6	6
الفوسفات	PO_4	20	20	مغ/ل	145	35	35	23	19
الكروم السداسي	Cr	1	0.1	مغ/ل	0.43	0.15	0.15	0.15	0.15
النحاس	Cu	5	1	مغ/ل	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1
الاحتياج الحيوي للاوكسجين	BOD	800	30-150	مغ/ل	580	225	198	172	150
الاحتياج الكيميائي للاوكسجين	COD	1600	75-300	مغ/ل	3600	610	436	410	380
الناقلية الكهربائية	EC			ميكروسيمنز/سم	4300	830	794	788	780
الاملاح الكلية المنحلة	T.D.S	2000	2000	مغ/ل	2633	547	525	520	515
الكلورايد	Cl	600	500	مغ/ل	1800	805	430	422	403
الفلورايد	F	15	8	مغ/ل	38	18.5	16.3	13.3	12

3-2-3-تأثير الحجم الحبيبي للزيوليت على كفاءة المعالجة

تزداد فعالية المعالجة بتناقص الحجم الحبيبي للزيوليت المستخدم كما هو واضح من الجدول رقم (4)، وذلك نتيجةً لازدياد السطح النوعي، حيث نلاحظ ان الحجم 100µm كان هو الأفضل ويحقق المواصفة السورية المطلوبة للري أو الصرف في المجرور وذلك عدا نسبة الامونيا التي بقيت مرتفعة بنسبة ضئيلة لذلك درسنا تأثير زيادة زمن المعالجة.

الجدول رقم (4): تأثير الحجم الحبيبي للزيوليت على كفاءة المعالجة

المواصفات	الرمز	المسموح القانها في المجرور	المستخدمة لأغراض الري مغ/ل	الواحدة	قبل المعالجة	C (500µm)	E (300µm)	F (100µm)
الرقم الهيدروجيني	PH	6.5-9.5	6-9	-	7.1	7.4	7.4	7.4
مجموع المواد العالقة	T.S.S	500	150	مغ/ل	350	176	145	112
الكبريتات	SO_4	1000	500	مغ/ل	610	141	133	121
الأمونيا	NH_4	100	5	مغ/ل	28	6	6	6
الفوسفات	PO_4	20	20	مغ/ل	145	23	15	11
الكروم السداسي	Cr	1	0.1	مغ/ل	0.43	0.15	0.11	0.11
النحاس	Cu	5	1	مغ/ل	0.4	0.1	0.1	0.1
الاحتياج الحيوي للاوكسجين	BOD	800	30-150	مغ/ل	580	172	131	112
الاحتياج الكيميائي للاوكسجين	COD	1600	75-300	مغ/ل	3600	410	312	277
الناقلية الكهربائية	EC			ميكروسيمنز/سم	4300	788	773	768
الاملاح الكلية المنحلة	T.D.S	2000	2000	مغ/ل	2633	520	500	512
الكلورايد	Cl	600	500	مغ/ل	1800	422	324	311
الفلورايد	F	15	8	مغ/ل	38	13.3	12	11

4-2-3-تأثير زمن المعالجة بالزيوليت على كفاءة المعالجة

تزداد فعالية المعالجة بازدياد زمن المعالجة بالزيوليت كما يبينه الجدول رقم (5)، وإن أفضل زمن هو 120 دقيقة حيث انخفضت جميع الملوثات المدروسة للحدود المسموح بها وفق المواصفة القياسية السورية للري أو للطرح في المجرور العام.

الجدول رقم (5): تأثير زمن المعالجة بالزيوليت على كفاءة المعالجة

المواصفات	الرمز	المسموح القانها في المجرور	المستخدمة لأغراض الري مغ/ل	الواحدة	قبل المعالجة	F (30min)	G (60min)	H (120min)
الرقم الهيدروجيني	PH	6.5-9.5	6-9	-	7.1	7.4	7.6	7.6
مجموع المواد العالقة	T.S.S	500	150	مغ/ل	350	112	98	86
الكبريتات	SO_4	1000	500	مغ/ل	610	121	111	102
الأمونيا	NH_4	100	5	مغ/ل	28	6	6	5
الفوسفات	PO_4	20	20	مغ/ل	145	11	7	7
الكروم السداسي	Cr	1	0.1	مغ/ل	0.43	0.11	0.11	0.11
النحاس	Cu	5	1	مغ/ل	0.4	0.1	0.1	0.1
الاحتياج الحيوي للاوكسجين	BOD	800	30-150	مغ/ل	580	112	91	85
الاحتياج الكيميائي للاوكسجين	COD	1600	75-300	مغ/ل	3600	277	252	240
الناقلية الكهربائية	EC			ميكروسيمنز/سم	4300	768	768	763
الاملاح الكلية المنحلة	T.D.S	2000	2000	مغ/ل	2633	512	527	489
الكلورايد	Cl	600	500	مغ/ل	1800	311	309	289
الفلورايد	F	15	8	مغ/ل	38	11	11	10.1

5-2-3- دراسة نموذجي الامتزاز للانغموير وفريندلش على الزيوليت المستخدم

تبين من خلال الدراسة أن الامتزاز يتبع نموذج لانغموير وليس نموذج فريندلش، فقد كانت قيم معامل الارتباط للانغموير هي R^2=0.9805 ، بينما قيم معامل الارتباط لفريندلش بلغت R^2=0.8604 ، كما تم حساب ثابت الامتزاز للانغموير K_L=2868.04(L/mg)، الذي ممكن أن يرتبط باختلاف المنطقة المناسبة، ومسامية المادة المازة مما يعني أن مساحة السطح الكبيرة، وحجم المسام سيؤديان إلى سعة امتزازية عالية [13].

الجدول رقم (6): حركية امتزاز شاردة النحاس الثنائي في مياه الصرف كتابع للزمن عند إضافة 2g من الزيوليت لـ 1000ml من المياه الملوثة ذي تركيز ابتدائي 0.4mg/l

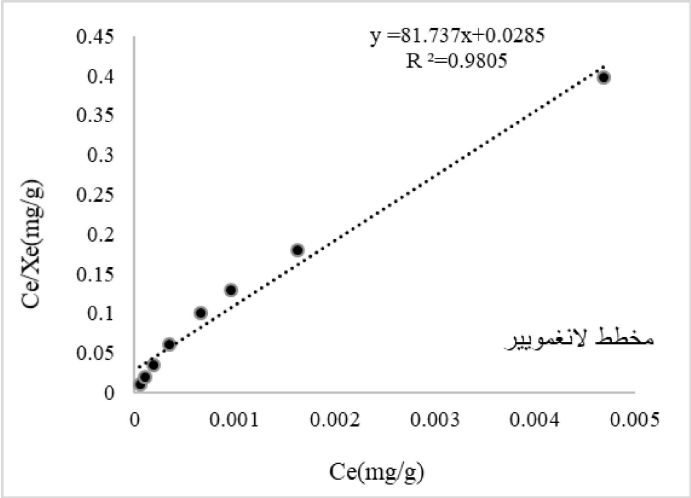
Time(min)	15	30	45	60	75	90	105	120
$X_t=Cu^{2+}$	85	110	135	150	170	182.5	190	195

الجدول رقم (7): ثوابت لانغموبير لامتزاز النحاس الثنائي الموجود بمياه الصرف على الزيوليت

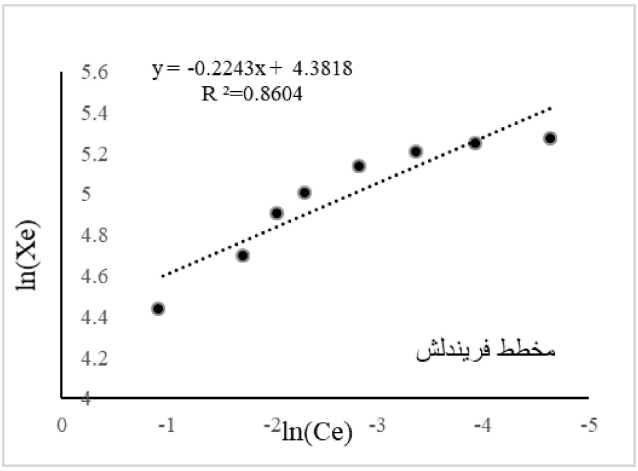
Sample	K_L (L/mg)	X_m (mg/g)	R^2
مياه الصرف	2868.04	0.01223	0.9805

الجدول رقم (8): ثوابت فريندلش لامتزاز النحاس الثنائي الموجود بمياه الصرف على الزيوليت

Sample	n (L/mg)	K_F (mg/g)	R^2
مياه الصرف	-4.4583	79.981	0.8604



الشكل رقم (4): دراسة نموذج الامتزاز لانغموبير لشاردة (Cu^{2+}) مياه الصرف كتابع للزمن عند إضافة 2g من الزيوليت لـ 1000ml من المياه الملوثة ذي تركيز ابتدائي 0.4mg/l



الشكل رقم (5): دراسة نموذج الامتزاز لفريندلش لشاردة (Cu^{2+}) مياه الصرف كتابع للزمن عند إضافة 2g من الزيوليت لـ 1000ml من المياه الملوثة ذي تركيز ابتدائي 0.4mg/l

ومن خلال دراستنا لمعادلة فريندلش التي تعبر عن الامتزاز على السطوح الغير المتجانسة نلاحظ أن نتائج بيانات امتزاز شاردة النحاس الثنائي لم تعط تطابقاً فيها لعدة أسباب منها كما ذكرنا قيمة معامل الارتباط رغم أنه قريب من المجال المقبول لكن هناك سبباً رئيسياً وواضحا لو أمعنا النظر في الجدول (8) حيث كانت قيمة الثابت n سالبة وهي من المفروض أن تتراوح ضمن مجال $0<1/n<1$ حتى يتم اعتماد هذا النموذج، وعندما تكون قريبة من الواحد يكون الامتزاز مواتي بالنتيجة نلاحظ أن امتزاز شاردة النحاس الثنائي في مياه الصرف المخبري على الزيوليت تتطابق مع نموذج لانغموير على السطوح المتجانسة [15,14].

أخيراً إن البحث لازال بحاجة إلى قياسات وتجارب على المعالجة من الناحية الجرثومية والبيولوجية وتحديد أي صنف من أنواع الزراعة التي تصلح المياه لاستخدامها بعد المعالجة وفق المواصفات القياسية السورية والتي سيتم المتابعة بدراستها، كما سيتم دراسة تنشيط الزيوليت للاستخدام مرة ثانية ودراسة طرائق التخلص أو الاستفادة من الحمأة الناتجة عن المعالجة.

4–الاستنتاجات

1. نجاح عملية إزالة الملوثات من مياه الصرف الناجمة عن مخبر مشفى حلب الجامعي باستخدام الزيوليت الخام السوري كمادة مازة.
2. اعتمدت المعالجة على كمية الزيوليت والحجم الحبيبي والزمن اللازم للمعالجة حيث تم استنتاج الشروط المثلى للمعالجة وهي 2 غرام لكل ليتر من الماء الملوث بحجم حبيبي 100 ميكرون وزمن 120 دقيقة.
3. المياه الناتجة عن المعالجة هي مياه صالحة لعملية الرّي ومطابقة للمواصفات الرّي الزراعية، وذلك وفق الجداول المبينة أعلاه، حيث توصلنا لقيم منخفضة جداً عن ماهي في الجداول، وإن دلّ هذا يدل على نجاح عملية المعالجة لدينا.
4. إن المنحنيات الامتزازية لامتزاز شوارد النحاس –الموجودة في مياه الصرف– على الزيوليت تتطابق مع نموذج لانغموير.

5–المراجع

1. ناشر محمد نجيب غالب 2012 "أهمية معالجة مياه الصرف الصحي في المستشفيات اليمنية –مستشفى جامعة العلوم والتكنولوجيا بصنعاء –دراسة حالة " –مجلة العلوم والتكنولوجيا.

2. Beril Salman Akin,2016 Contaminant Properties of Hospital Clinical Laboratory Wastewater: APhysiochemical and Microbiological Assessment, , Journal of Environmental Protection, 7, 635-642.

3. فخري إسماعيل زينة و أحمد محمود طارق 2010 تأثير كيماويات مطروحات المختبرات على الخصائص النوعية لمطروحات المستشفيات – المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك.

4. Emmanuel, E., Perrodin, Y., Keck, G., Blanchard, J. M., & Vermande, P. (2002, October). Effects of hospital wastewater on aquatic ecosystem. In Proceedings of the XXVIII Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental. Cancun, México (pp. 27-31).

5. Anirudhan TS, Ramachandran M. Adsorptive removal of basic dyes from aqueous solutions by surfactant modified bentonite clay (organoclay): Kinetic and competitive adsorption isotherm. Process Safety and Environmental Protection. 2015, May;95:215-25.

6. Bharath G, Alhseinat E, Ponpandian N, Khan MA, Siddiqui MR, Ahmed F, et al. Development of adsorption and electrosorption techniques for removal of organic and inorganic pollutants from wastewater using novel magnetite/porous graphene-based nanocomposites. Separation and Purification Technology. 2017 Nov;188:206-18.

7. Su Y, Qian F, Qian Z. Enhancing adsorption capacity and structural stability of Li1.6Mn1.6O4 adsorbents by anion/cation co-doping. RSC advances. 2022 Jan 1;12(4):2150-9.

8. SADEGHALVADB B; TORABZADEHKASHI M; AZADMEHR A.R.,2015- Acomparative Study of Cu(II) and Pb(II) Adsorption by Iranian Bentonite (Birjand area) in Aqueous Aolutions, Advances in Environmental Technology, No 2,pp 93-100.

9. AL-NEIMI K.I; AHMED G.A.,2019-Isothermic Adsorption and Applications of Kinetics Models, Thermodynamics Functions ,Probability Sticking for Benzoic Acid and Some Substituted by Using Anew Adsorbent Substance *Journal of Education and Science*, *2019,* Volume 28, Issue 2, Pages 23-39.

10. KATTMA E.A.; 1999. The Clay Deposition in Syria and their Possibilities Industrialization. *Journal of geological Sciences*, No.(25),pp 39-52.

11. RASHWANI A.,2011-The Benefit of the Natural and Artificial Local Raw in Improving Manufacturing of Portland Cement and Studying its Properties, *Ph.D Thesis .Univ of Aleppo, Faculty of Science.*

12. IBRAHAIM S., 2010- Mineralogy. *Aleppo University Publications Faculty of Science.*

13. AL-NEIMI K.I; AHMED G.A.,2019-Isothermic Adsorption and Applications of Kinetics Models, Thermodynamics Functions ,Probability Sticking for Benzoic Acid and Some Substituted by Using Anew Adsorbent Substance *Journal of Education and Science*, *2019,* Volume 28, Issue 2, Pages 23-39

14. AYAWEI N, EBELEGI A N, WANKASI D., 2017-Modelling and Interpretation of Adsorption Isotherms, Hindawi Journal of Chemistry, Volume 2017, Article ID 3039817, 11 pages

15. Romdhane F D, Satlaoui Y, Nasraoui R, Charef A , Azouzi R.2020-Adsorption, Modeling, Thermodynamic, and Kinetic Studies of Methyl Red Removal from Textile-Polluted Water Using Natural and Purified Organic Matter Rich Clays as Low-Cost Adsorbent, Hindawi Journal of Chemistry Volume 2020, Article ID 4376173, 17 pages.