

الخصائص الحركية لامتماز الفينول على الفحم الفعال المصنع من قشر الجوز

لينا الوعري*

(تاريخ الإيداع 7 / 1 / 2013. قُبل للنشر في 10 / 3 / 2013)

□ ملخص □

تهدف هذه الدراسة إلى توصيف الظروف التشغيلية لمرشح الفحم الفعال المحضر من قشر الجوز والمنشط كيميائياً بكلوريد الزنك والمفحم عند الدرجة 600°C وذلك بالاعتماد على منحنيات الاختراق. طبقت فرضية انتقال الكتلة (MTZ) بهدف الحصول على تصميم تشغيلي لامتماز على السرير الثابت والتي تساعد على تحديد متغيرات التشغيل على هذا السرير وذلك عند ثلاثة تراكيز ابتدائية للفينول (20, 40, 60ppm). درست المتغيرات التشغيلية لعمود الامتماز بحساب السعة الجزئية لمنطقة انتقال الكتلة (F) وارتفاع منطقة انتقال الكتلة HZ كذلك تم حساب عدد مكافئات الانتقال NZ والكمية الفعلية للفينول التي أزيلت على سرير ثابت من الكربون الفعال عند لحظة الاختراق A_{BP} .

الكلمات المفتاحية: كربون فعال - فينول - MTZ,

* قائمة بالأعمال - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

The dynamic characteristics of adsorption of phenol by activated carbon prepared from walnuts crust

Lina Alwaary*

(Received 7 / 1 / 2013. Accepted 10 / 3 / 2013)

□ ABSTRACT □

Abstract

The objective of the present work is to determine the operating conditions of an activated carbon filter, based on the characteristics of breakthrough curves. In order to properly design and operate fixed-bed adsorption processes, we apply the concept of the mass transfer zone (MTZ) that helps to obtain the evolutions of the operating parameters of the fixed-bed. Activated carbon is prepared from walnuts crust and activated by impregnating in aqueous zinc chloride solution of wt %(40). Phenol solutions were prepared in three initial concentrations of phenol (20, 40, 60 ppm). The experimental data were analyzed by calculating fractional capacity (F), the height of (MTZ) (HZ), the number of unit transfer equivalent (NZ), the amount of phenol eliminated by the bed of activated carbon at the breakthrough (A_{BP}). The results of the study show that granular sizes (C, D) were more effective than (A, B).

Keywords: MTZ, THM, Activated Carbon, Phenol.

*Academic assistant , Researcher, Higher Institute for Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة

يعتبر الفينول من الحموض الضعيفة، وهو أحد الملوثات الشائعة التي توجد في المياه مسبباً طعماً ورائحة غير مستحبين حتى عند وجوده بتركيز منخفضة. ويتميز بوزن جزيئي مرتفع نسبياً (94) وثابت تشرد ($pK_a=9.89$) ونسبة انحلاله بالماء (82g/l)، ومقطعه العرضي ($0.3 - 0.42 \text{ nm}^2/\text{molecule}$) [1]. يوجد الفينول ومشتقاته في مياه صرف العديد من الصناعات كصافي النفط وصناعة النسيج وصناعة زيت الزيتون [2]، وكذلك صناعة الفولاذ والراتجات الفينولية البتروكيميائية، الأسمدة، الأصبغة [3]. كما يمكن أن تظهر هذه الملوثات نتيجة تحلل المركبات العضوية المستخدمة كوسائط في صناعة الأصبغة، المبيدات، وغيرها [4]. والفينول من بين الملوثات التي توجد في المياه بتركيز قليلة يمكن إزالتها بواسطة الامتزاز على الفحم الفعال. ركزت الكثير من الأبحاث العلمية على دراسة امتزاز المركبات الفينولية في المياه بمختلف درجات انحلاليتها، ومختلف أوزانها الجزيئية إضافة إلى دراسة عوامل أخرى تؤثر في فاعلية الامتزاز [5, 6].

يعتبر الامتزاز على الكربون الفعال من أفضل التقانات المتاحة لإزالة المركبات العضوية [7] إضافة إلى ذلك فللكربون الفعال الحبيبي أهمية كبرى في إزالة المركبات المسببة للون والطعم (NOM) (Natural Organic Matter) ومركبات سامة أخرى مثل ثلاثي هالوجينات الميثان Trihalomethanes (THMs) و هالوجينات حمض الخل Halo Acetic Acids (HAAs) وذلك نظراً لسعته الامتزازية الكبيرة لهذه المركبات [8,9,10,11,12,13]. يستخدم الكربون الفعال على نطاق واسع كمادة مازة من الطورين السائل والغازي ويتم إنتاجه من العديد من المواد الكربونية [14]. نظراً لارتفاع تكاليف مصادر تصنيع الكربون الفعال تم اللجوء إلى استخدام بدائل أرخص مثل المخلفات الزراعية أو مخلفات الأخشاب كنوى الفواكه أو نشارة الخشب [5, 15, 16]. تكمن الجدوى الاقتصادية من إنتاج الكربون الفعال من مختلف المخلفات في تخفيض حجم هذه المخلفات إلى ثلاث مرات تقريباً، وتحقيق معالجة الانبعاثات الغازية ومياه الصرف بتكاليف مقبولة وعدم الحاجة إلى تنشيط الجسم الماز نظراً لتكلفته المنخفضة، وتعتبر صناعة الكربون الفعال من المخلفات الصلبة من الحلول الصديقة للبيئة عبر تحويل هذه المخلفات عديمة القيمة إلى مواد ذات أهمية كيميائية [17, 18].

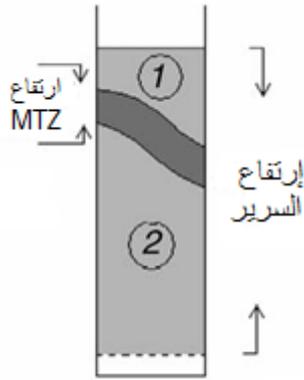
اختبرت مخلفات صناعة السكر (المواد الصلبة السيللوزية) كمادة مازة ولكنها لم تستطع أن تحل محل الكربون الفعال وذلك بسبب خصائصه الامتزازية الجيدة كسطحه النوعي الكبير وبنية مساماته المايكروية وبالتالي سعته الامتزازية العالية [19].

تستخدم أسس الكيمياء الفيزيائية في دراسة خصائص الفحم المنشط لتقدير بارامتراته التشغيلية وذلك قبل طرحه للاستخدام ومن هذه الأسس دراسة الامتزاز بطريقة الجريان على سرير ثابت من الفحم الفعال وتطبيق فرضية منطقة انتقال الكتلة MTZ. تقدم منحنيات الامتزاز فكرةً أوليةً عن الامتزاز قبل إجراء المزيد من الاختبارات المكلفة حيث يقدم هذا الإجراء مؤشرات عن فعالية الامتزاز في إزالة الملوثات وكذلك الكمية العظمى التي يمكن لها أن تمتز على كمية محددة من الفحم الفعال. ورغم ذلك فإن منحنيات الامتزاز لا تعطي معلومات عن سلوك المرشح لأن الامتزاز داخل عمود الكربون لا يتم عند التوازن، كذلك فإن الكربون الحبيبي نادراً ما يستهلك بشكل كامل في عمليات الترشيح [20]. إن فرضية منطقة انتقال الكتلة (Mass Transfer Zone) (MTZ) طورت من قبل Mickaels من أجل التبادل الأيوني وطبقت من قبل Luchkis في الامتزاز [21]. والمبنية على منحنيات الاختراق تساعد على تقدير المتغيرات التشغيلية للسرير الثابت بهدف الحصول على تصميم مناسب وتشغيل فعال لعملية الامتزاز.

تعرف منطقة انتقال الكتلة MTZ على أنها جزء من المرشح حيث يحصل معظم الامتناز اللحظي قبل حدوث الإشباع والتي يحدث فيها امتزاز الملوث من الطور السائل بشكل فعال في أية لحظة. كما يرتبط مفهوم MTZ بثلاث خصائص تحسب إما على أساس الطور الصلب أو على أساس الطور السائل.

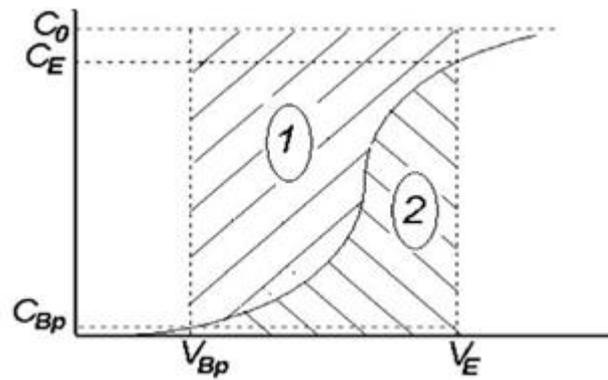
السعة الامتزازية الجزئية (F)

يمكن تعريف السعة الامتزازية الجزئية F للكربون الفعال الحبيبي (اعتماداً على الطور الصلب) على أنها نسبة الكربون الذي ساهم فعلاً في عملية انتقال الكتلة إلى الكمية الكلية للكربون الموجود على امتداد منطقة انتقال الكتلة. كما يمكن تعريفها (اعتماداً على الطور السائل) بأنها نسبة الكمية الحقيقية المزالة من الملوث إلى القدرة الكامنة للكربون على الإزالة داخل منطقة انتقال الكتلة [22]. إن السعة الامتزازية الجزئية F تحدد فعالية الإزالة. حيث يبين الشكلان (1,2) رسماً توضيحياً لكل من منطقة انتقال الكتلة MTZ والسعة الامتزازية الجزئية F.



الشكل (2) تقدير التراكيز في الطور الصلب. في

1. المنطقة المشبعة.
2. المنطقة الخالية.



الشكل (1) تقدير التراكيز في الطور السائل في منطقة انتقال الكتلة

1. الكمية الممتزة المزالة فعلياً.
 2. الكمية الممتزة المزالة نظرياً.
- 1+2. الكمية الكلية للمادة الممتزة المزالة

اعتماداً على الشكل السابق يمكن حساب السعة التبادلية الجزئية بيانياً كما يلي

• حساب الكمية الأعظمية من المادة الممتزة والممكن إزالتها ضمن منطقة انتقال الكتلة (A_{max})

$$A_{max} = C_0(V_E - V_{BP})$$

V_E : حجم المحلول عند استهلاك المرشح (Exhaustion) والذي يقابل الزمن t_E والذي يكون عنده التركيز C_E

يساوي إلى 80% من التركيز الابتدائي للمحلول وهذه القيمة مأخوذة من وجهة نظر اقتصادية.

V_{BP} : حجم المحلول المعالج عند نقطة الاختراق (Breakpoint) والذي يقابل الزمن t_{BP} والذي يكون عنده

تركيز للمحلول C_{BP} وهو يقدر بأنه أقل من 5% من التركيز الابتدائي للمحلول C_0 .

• حساب كمية المادة الممتزة التي أزيلت فعلاً في منطقة انتقال الكتلة A_Z :

$$A_Z = \int_{V_{BP}}^{V_E} (C_0 - C_i) dv$$

• السعة التبادلية الجزئية يمكن كتابتها رياضياً وفق المعادلة:

$$F = \frac{A_Z}{A_{max}} = \frac{\int_{V_{BP}}^{V_E} (C_0 - C_i) dV}{C_0(V_E - V_{BP})}$$

ارتفاع منطقة انتقال الكتلة (Hz)

باعتبار أن منطقة انتقال الكتلة - كما مر سابقاً - هي المساحة التي تحدث فيها معظم ظاهرة الامتزاز حيث يندرج فيها تركيز الملوث من حالة الإشباع إلى التركيز صفر، فإن ارتفاع هذه المنطقة يعطي فكرة واضحة عن حركية الامتزاز وبالتحديد سرعته. فكلما كان الامتزاز سريعاً كان عمق هذه الطبقة منخفضاً وبالعكس. ومن هنا تكمن أهمية هذا العامل في تقدير عملية الامتزاز ككل.

يحسب ارتفاع منطقة انتقال الكتلة حسب المعادلة :

$$H_z = U_z \cdot t_z$$

حيث t_z هو الزمن اللازم لتنتقل MTZ مسافة مساوية لارتفاعها (طولها) وتحدد تجريبياً من منحنى الاختراق

ويحسب كالتالي

$$t_z = t_E - t_{Bp}$$

Uz : يحسب من العلاقة

$$U_z = \frac{H_b}{t_E - t_f}$$

حيث H_b طول السرير الثابت في عمود الامتزاز.

t_f الزمن اللازم لتشكل MTZ ويحسب من العلاقة

$$t_f = (1 - F)(t_E - t_{Bp})$$

بالاعتماد على ما سبق تصبح معادلة H_z كما يلي:

$$H_z = \frac{(H_b \cdot t_z)}{(t_E - t_f)} = \frac{H_b(t_E - t_{Bp})}{t_{Bp} + F(t_E - t_{Bp})}$$

بما أن $t = \frac{V}{Q}$ حيث v حجم المحلول المتدفق و Q معدل التدفق، تصبح المعادلة السابقة:

$$H_z = \frac{H_b(V_E - V_{Bp})}{V_{Bp} + F(V_E - V_{Bp})}$$

معدل انتقال منطقة انتقال الكتلة (UZ):

يتعلق معدل حركة MTZ بشكل رئيسي بالسعة الامتزازية للمادة المازة لذلك فهو يشكل مؤشراً على طبيعة التوازن تحت شروط الجريان المستمر ويمكن من حساب معدل إشباع السرير وترتبط قيمته مباشرة بارتفاع MTZ فكلما صغر هذا الارتفاع كلما كان معدل الانتقال أكبر وكان إشباع السرير أسرع.

يعطى معدل انتقال منطقة انتقال الكتلة وفق المعادلة:

$$U_z = \frac{H_z}{t_z} = \frac{H_b \cdot Q}{V_{Bp} + F(V_E - V_{Bp})}$$

إن حساب القيم الثلاثة UZ, HZ, F يمكن من فهم كيفية حدوث الامتزاز. بالإضافة إلى ما تقدم فإنه يمكن

معرفة كفاءة عمود الانتقال بحساب عدد مكافئات الانتقال NZ :

$$N_z = \frac{H_b}{H_z} = \frac{H_b[V_{Bp} + F(V_E - V_{Bp})]}{H_b(V_E - V_{Bp})} = \frac{V_{Bp} + F(V_E - V_{Bp})}{V_E - V_{Bp}}$$

كلما كانت آلية الامتزاز أسرع كلما قل ارتفاع منطقة انتقال الكتلة وزاد عدد الوحدات المكافئة وفي الواقع فإن

ارتفاع عدد الوحدات المكافئة غير مرغوب وذلك لأنه يسرع من استهلاك المرشح.

كمية الملوثات المزالة عند نقطة الاختراق:

يمكن حساب كمية الملوثات المزالة خلال السريان الثابت من الفحم الفعال بيانياً حسب العلاقة:

$$A_{BP} = \int_0^{V_{BP}} (C_0 - C_i) dV$$

وكمية الملوثات التي أزلها الفحم هي:

$$\frac{A_{BP}}{m} = \int_0^{V_{BP}} \frac{C_0 - C_i}{m} dV$$

حيث m : كمية الفحم الفعال داخل العمود (g)

أهمية البحث وأهدافه

يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانية استخدام الفحم الفعال المصنوع من قشر الجوز في تخليص المياه من الفينول، وذلك من خلال دراسة كفاءة مرشح الفحم الفعال. تأتي أهمية هذه الدراسة من كونها تتناول كربوناً فعالاً مصنوعاً من مخلفات نباتية وإمكانية استخدامه كمرشح من خلال دراسة الظروف التشغيلية للفلتر وذلك للتخلص من ملوث صناعي.

طرائق البحث ومواده

تناولت الدراسة فحماً مصنوعاً من قشر الجوز، حيث تم خلالها دراسة فعالية هذا الفحم في إزالة الفينول من محاليله المائية وذلك بطريقة الجريان على سريان ثابت من الفحم الفعال. بالاعتماد على فرضية MTZ الموضحة رياضياً في الدراسة الحركية لتقدير البارامترات التشغيلية.

استخدم في الدراسة عينات من الفحم تم الحصول عليه من قشور الجوز المنقوع في محلول كلوريد الزنك $ZnCl_2$ بنسبة 40% وفحمت بجو من النتروجين بدرجة حرارة $600 \pm C$ (40AZN-600) [23].

تم تحضير محاليل الفينول بثلاثة تراكيز هي (20, 40, 60 ppm) باستخدام ماء ثنائي التقطير حيث قيست تراكيز المحاليل بقياس الامتصاصية عند طول موجة ($\lambda_{max} = 211nm$) باستخدام جهاز سبيكتروفوتوميتر (UV-1700 SHIMADZU).

تم الامتزاز على سريان ثابت من الفحم موجود ضمن أعمدة مصنوعة من البيركس بقطر داخلي (1cm) وبطول (50 cm)، وضع في كل عمود من هذه الأعمدة 0.2 g من الفحم المستخدم. بلغ ارتفاع الفحم في العمود (3.5cm)، تم الحفاظ على معدل تدفق ثابت لمحلول الفينول (25 ml/h) من خلال الصنبور الموجود أسفل كل عمود. قيست تراكيز الفينول في المحلول الخارج من العمود (بعد الامتزاز) مع الزمن من أجل تحديد منحنيات الاختراق.

النتائج والمناقشة

يتميز الفحم المستخدم في الدراسة بسطح نوعي مقداره $524 m^2/g$ ويبلغ متوسط قطر المسام $0.852 nm$ [23]. وتبين الجداول (1، 2، 3) التراكيز التوازنية للفينول وكمية الفينول الممتزة على الفحم الفعال المصنع من قشر الجوز عند تراكيز ابتدائية مختلفة للفينول في المحلول .

الجدول 1: التراكيز التوازنية لإمتزاز الفينول على الفحم الفعال المدروس بتركيز ابتدائي 20 ppm.

V (l)	C/C ₀	((Co-Ce)/Co)*100	qe (mmol/g)	Ce (mmol/l)	Ce (ppm)	Time (h)
0.01	0.013	98.71	0.210	0.00	0.26	0.4
0.02	0.027	97.31	0.207	0.01	0.54	0.8
0.03	0.020	98.01	0.209	0.00	0.40	1.2
0.04	0.014	98.62	0.210	0.00	0.28	1.6
0.05	0.023	97.69	0.208	0.00	0.46	2.0
0.06	0.021	97.87	0.208	0.00	0.43	2.4
0.07	0.025	97.54	0.208	0.01	0.49	2.8
0.08	0.022	97.83	0.208	0.00	0.44	3.2
0.09	0.029	97.07	0.207	0.01	0.59	3.6
0.1	0.033	96.72	0.206	0.01	0.66	4.0
0.11	0.033	96.69	0.206	0.01	0.66	4.4
0.12	0.033	96.71	0.206	0.01	0.66	4.8
0.13	0.039	96.06	0.205	0.01	0.79	5.2
0.14	0.044	95.58	0.204	0.01	0.88	5.6
0.15	0.049	95.07	0.202	0.01	0.99	6.0
0.16	0.075	92.48	0.197	0.02	1.51	6.4
0.17	0.107	89.29	0.190	0.02	2.14	6.8
0.18	0.157	84.34	0.180	0.03	3.14	7.2
0.19	0.212	78.75	0.168	0.05	4.25	7.6
0.2	0.273	72.67	0.155	0.06	5.47	8.0
0.21	0.344	65.59	0.140	0.07	6.89	8.4
0.22	0.409	59.14	0.126	0.09	8.18	8.8
0.23	0.468	53.16	0.113	0.10	9.38	9.2
0.24	0.517	48.29	0.103	0.11	10.35	9.6
0.25	0.588	41.18	0.088	0.13	11.78	10.0
0.26	0.641	35.89	0.076	0.14	12.84	10.4
0.27	0.680	31.98	0.068	0.14	13.62	10.8
0.28	0.712	28.79	0.061	0.15	14.26	11.2
0.29	0.754	24.64	0.052	0.16	15.09	11.6
0.3	0.783	21.69	0.046	0.17	15.68	12.0
0.31	0.824	17.64	0.038	0.18	16.49	12.4
0.32	0.841	15.90	0.034	0.18	16.84	12.8
0.33	0.871	12.86	0.027	0.19	17.45	13.2
0.34	0.898	10.21	0.022	0.19	17.98	13.6
0.35	0.907	9.30	0.020	0.19	18.16	14.0
0.36	0.922	7.81	0.017	0.20	18.46	14.4
0.37	0.937	6.30	0.013	0.21	18.76	14.8
0.38	0.943	5.69	0.012	0.20	18.88	15.2
0.39	0.945	5.50	0.012	0.20	18.92	15.6
0.4	0.957	4.35	0.009	0.20	19.15	16.0
0.41	0.954	4.64	0.010	0.20	19.09	16.4

الجدول 2: التراكيز التوازنية لإمتزاز الفينول على الفحم الفعال المدروس بتركيز ابتدائي 40 ppm.

V (l)	C/C ₀	((C ₀ -C _e)/C ₀)*100	q _e (mmol/g)	C _e (mmol/l)	C _e (ppm)	Time (h)
0.01	0.017	98.300	0.42	0.01	0.679	0.4
0.02	0.020	98.030	0.42	0.01	0.787	0.8
0.03	0.021	97.900	0.42	0.01	0.839	1.2
0.04	0.018	98.178	0.42	0.01	0.728	1.6
0.05	0.021	97.900	0.42	0.01	0.839	2.0
0.06	0.018	98.210	0.42	0.01	0.715	2.4
0.07	0.012	98.763	0.42	0.01	0.494	2.8
0.08	0.007	99.339	0.42	0.00	0.264	3.2
0.09	0.008	99.242	0.42	0.00	0.303	3.6
0.1	0.010	99.024	0.42	0.00	0.39	4.0
0.11	0.006	99.384	0.42	0.00	0.246	4.4
0.12	0.010	99.004	0.42	0.00	0.398	4.8
0.13	0.032	96.824	0.41	0.01	1.269	5.2
0.14	0.091	90.891	0.39	0.04	3.639	5.6
0.15	0.192	80.826	0.34	0.08	7.66	6.0
0.16	0.333	66.671	0.28	0.14	13.315	6.4
0.17	0.478	52.170	0.22	0.20	19.108	6.8
0.18	0.618	38.248	0.16	0.26	24.67	7.2
0.19	0.719	28.093	0.12	0.31	28.727	7.6
0.2	0.757	24.263	0.10	0.32	30.257	8.0
0.21	0.778	22.183	0.09	0.33	31.088	8.4
0.22	0.776	22.406	0.10	0.33	30.999	8.8
0.23	0.809	19.066	0.08	0.34	32.333	9.2
0.24	0.852	14.841	0.06	0.36	34.021	9.6
0.25	0.886	11.394	0.05	0.38	35.398	10.0
0.26	0.899	10.065	0.04	0.38	35.929	10.4
0.27	0.914	8.641	0.04	0.39	36.498	10.8
0.28	0.924	7.620	0.03	0.39	36.906	11.2
0.29	0.940	5.955	0.03	0.40	37.571	11.6
0.3	0.940	5.955	0.03	0.40	37.571	12.0
3.870	11.939	606.110	2.576	5.074	476.959	

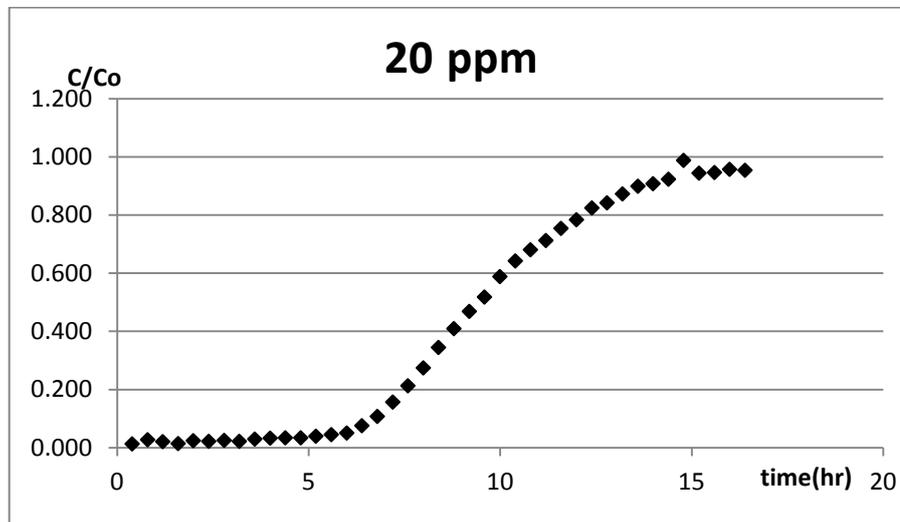
الجدول 3: التراكيز التوازنية لإمتزاز الفينول على الفحم الفعال المدروس بتركيز ابتدائي 60 ppm.

V(l)	C/C ₀	$((C_0 - C_e)/C_0) * 100$	q _e (mmol/g)	C _e (mmol/l)	C _e (ppm)	Time (h)
0.01	0.005	99.48	0.63	0.00	0.31	0.4
0.02	0.005	99.47	0.63	0.00	0.32	0.8
0.03	0.004	99.58	0.64	0.00	0.25	1.2
0.04	0.006	99.37	0.63	0.00	0.38	1.6
0.05	0.007	99.34	0.63	0.00	0.40	2.0
0.06	0.014	98.64	0.63	0.01	0.82	2.4
0.07	0.012	98.82	0.63	0.01	0.71	2.8
0.08	0.036	96.43	0.62	0.02	2.14	3.2
0.09	0.045	95.50	0.61	0.03	2.70	3.6
0.1	0.047	95.26	0.61	0.03	2.84	4.0
0.11	0.100	90.02	0.57	0.06	5.99	4.4
0.12	0.210	79.02	0.50	0.13	12.59	4.8
0.13	0.393	60.66	0.39	0.25	23.60	5.2
0.14	0.496	50.42	0.32	0.32	29.73	5.6
0.15	0.635	36.53	0.23	0.40	38.06	6.0
0.16	0.729	27.06	0.17	0.47	43.74	6.4
0.17	0.993	0.69	0.00	0.63	59.56	6.8
0.18	0.993	0.69	0.00	0.63	59.56	7.2

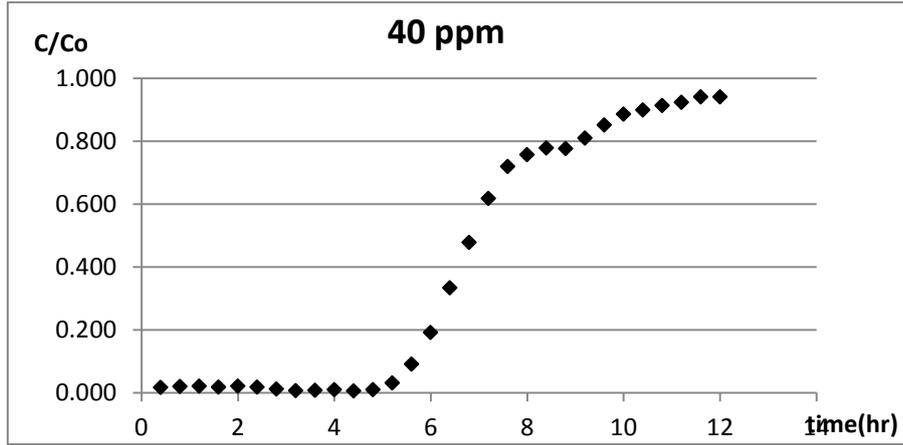
منحنيات الاختراق

تبين الأشكال 3 و 4 و 5 منحنيات الاختراق للفحم النباتي المدروس وذلك عند ثلاثة تراكيز ابتدائية للفينول 20

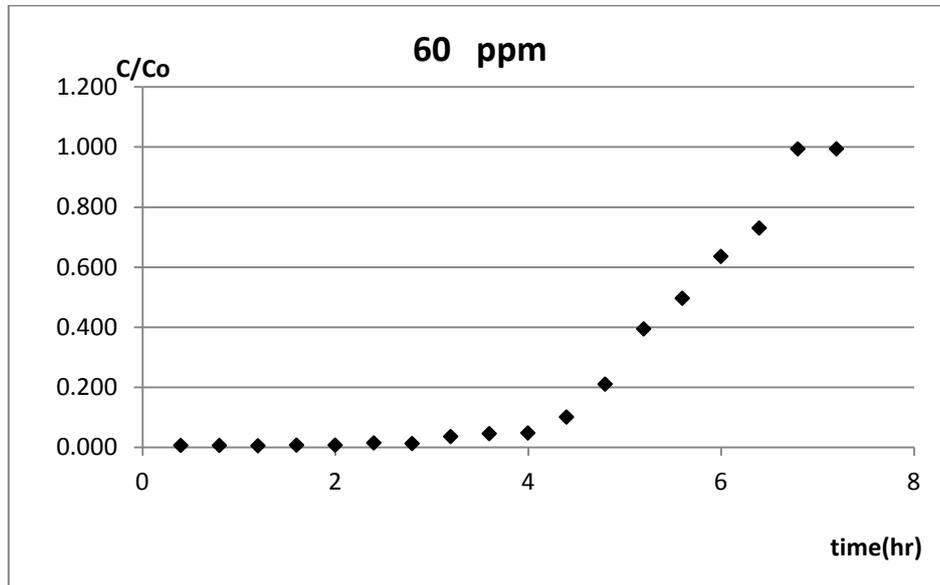
و 40 و 60 ppm.



الشكل (3) منحنى الاختراق لمرشح الفحم الفعال المصنع من قشر الجوز عند تركيز ابتدائي للفينول 20ppm وسرعة جريان 25ml/h



الشكل (4): منحنى الاختراق لمرشح الفحم الفعال المصنع من قشر الجوز عند تركيز ابتدائي للفينول 40ppm، وسرعة جريان 25ml/h



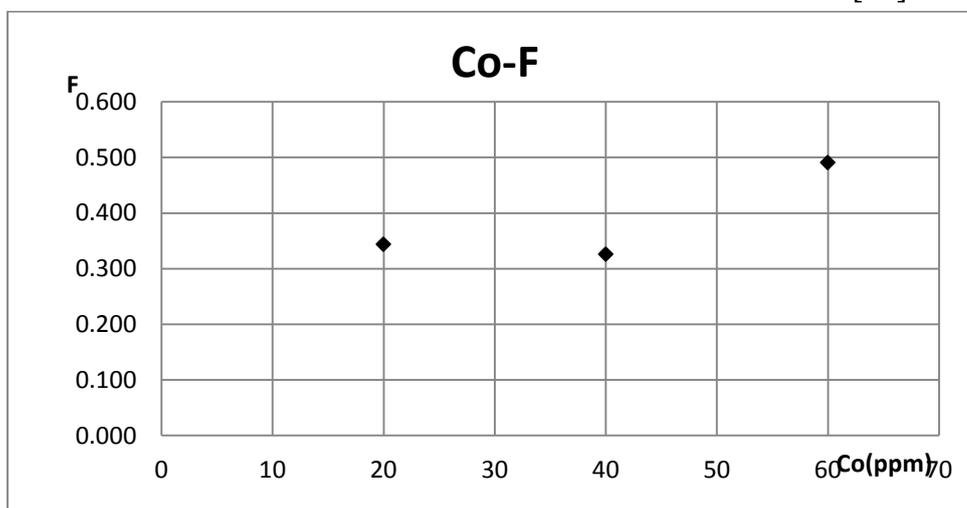
الشكل (5) منحنى الاختراق لمرشح الفحم الفعال المصنع من قشر الجوز عند تركيز ابتدائي للفينول 60ppm وسرعة جريان 25ml/h يتبين من هذه المنحنيات بشكل جلي أنه كلما زاد التركيز الابتدائي فإن زمن الاختراق (الزمن الذي يبدأ فيه C/C_0 بالارتفاع) يتناقص، وهذا سيؤثر على بقية المتغيرات ولاسيما سعة الامتزاز .
درست ثلاثة متغيرات لتوصيف عملية الامتزاز من خلال منحنيات الاختراق وهي F , H_z , N_z هذه المتغيرات تمكن من تقدير سلوك المرشح وكذلك فهم عملية الامتزاز (الجدول 4).

الجدول 4: ثوابت فرضية MTZ لامتماز الفينول على الفحم الفعال المصنع من قشر الجوز عندا تراكيز الفينول المدروسة.

Nz	ABP/m	Uz	Hz	F	Co (ppm)
1.186	0.165	0.005	2.951	0.344	20
1.091	0.472	0.008	3.209	0.326	40
1.741	0.312	0.010	2.010	0.491	60

السعة الجزئية F

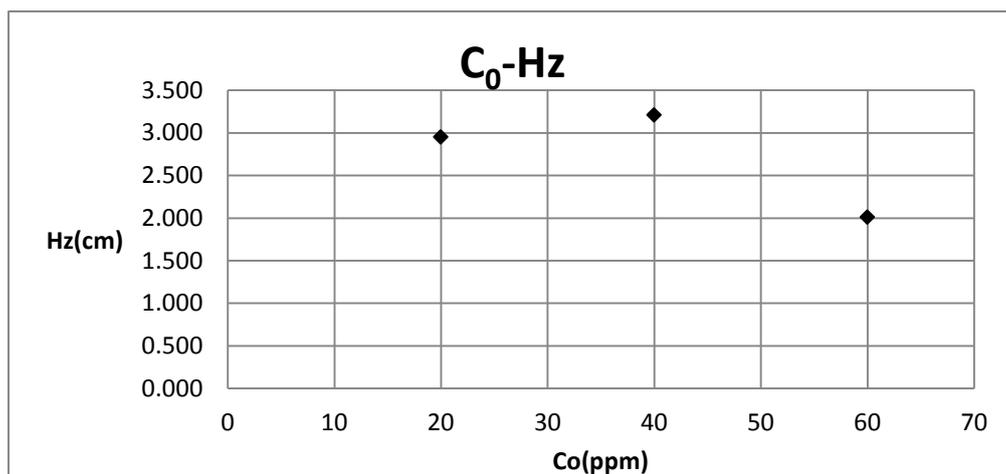
يبين الشكل (6) أن السعة الجزئية أخذت قيمة متقاربة جدا بتغير التركيز الابتدائي للفينول، ويتطابق هذا مع فرضية MTZ التي تعتبر أن التغيرات الهيدروكيميائية الفيزيوكيميائية لا تؤثر على قيمة F وكذلك الظروف التشغيلية وإنما تعتبر من خصائص العملية. كما وتظهر النتائج أن قيم السعة الجزئية كانت تراوحت من 0.3-0.5 وهذه القيم تعتبر عالية وتشير إلى فعالية الفحم المدروس عند مقارنة النتائج مع تلك التي تم الحصول عليها عند دراسة أحد أنواع الفحوم الفعالة التجارية في الجزائر وكانت قيمة F (0.4) عندما كان ارتفاع السرير الثابت 5.7cm والتركيز الابتدائي للفينول 50ppm [22].



الشكل (6) اختلاف السعة الجزئية F لمنطقة انتقال الكتلة MTZ للفحم الفعال المصنع من قشر الجوز عند ثلاث تراكيز ابتدائية للفينول 20,40,60ppm

ارتفاع منطقة انتقال الكتلة Hz:

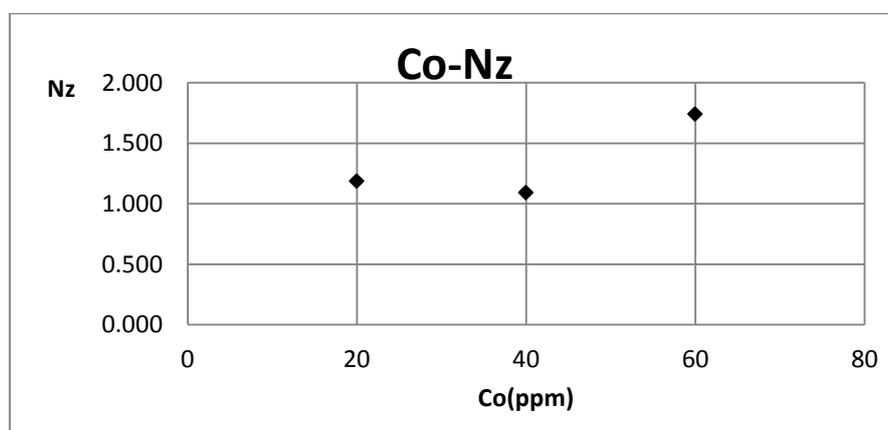
يعتبر ارتفاع منطقة انتقال الكتلة من أهم المتغيرات التي تصف الامتماز في العمود فهو يعبر عن فعالية الامتماز للمادة المازة وعن معدل التبادل بين الأطوار فكلما كان التبادل سريعا انخفض ارتفاع منطقة انتقال الكتلة وازداد بالمقابل عدد مكافئات الانتقال. يبين الشكل (7) تغير ارتفاع منطقة الكتلة للفحم النباتي المدروس وعند ثلاثة تراكيز ابتدائية للفينول في المحلول. يتضح من الشكل السابق أن Hz أخذت أعلى قيمة لها عند التركيز الابتدائي 40ppm. يمكن تفسير هذه النتائج على أنه في حالة ارتفاع التركيز الابتدائي يزداد عدد جزيئات المادة الملوثة في المحلول بالتالي زمن بقاء أطول لهذه الجزيئات في العمود وعندها سيزداد ارتفاع منطقة انتقال الكتلة لتعديل مقاومة الانتقال. لأن ازدياد ارتفاع السرير يؤدي إلى تقديم عدد أكبر لمراكز الامتماز بالتالي تسريع العملية بمجمها وتحسين حركية الامتماز. وبما أن ارتفاع منطقة انتقال الكتلة يعبر عن سرعة التبادل بين الأطوار، فكلما كان هذا التبادل سريعا انخفض ارتفاع منطقة انتقال الكتلة نلاحظ أنه (الارتفاع) عاد وانخفض عند زيادة التركيز الابتدائي للفينول في المحلول أي أن الارتفاع الأعلى كان عند التركيز الابتدائي 40ppm.



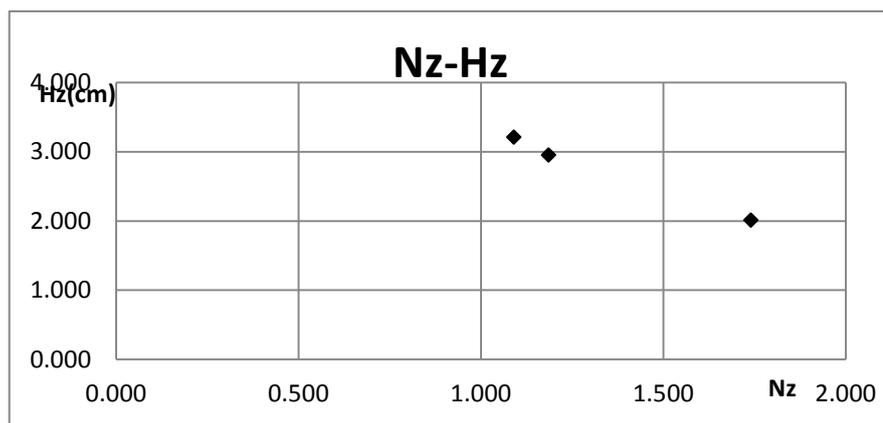
الشكل (7) تغير ارتفاع منطقة انتقال الكتلة بتغير التركيز الابتدائي للفينول في المحلول للفحم الفعال المصنع من قشر الجوز

عدد مكافئات الانتقال Nz

يبين الشكل (8) تغير عدد مكافئات الانتقال للحجوم الحبيبية الأربعة للفحم الفعال بدلالة التركيز الابتدائي للفينول في المحلول، كما يظهر الشكل (9) أن قيمة Nz ترتبط بقيمة Hz مباشرة فكلما ازداد ارتفاع منطقة انتقال الكتلة انخفض عدد مكافئات الانتقال .



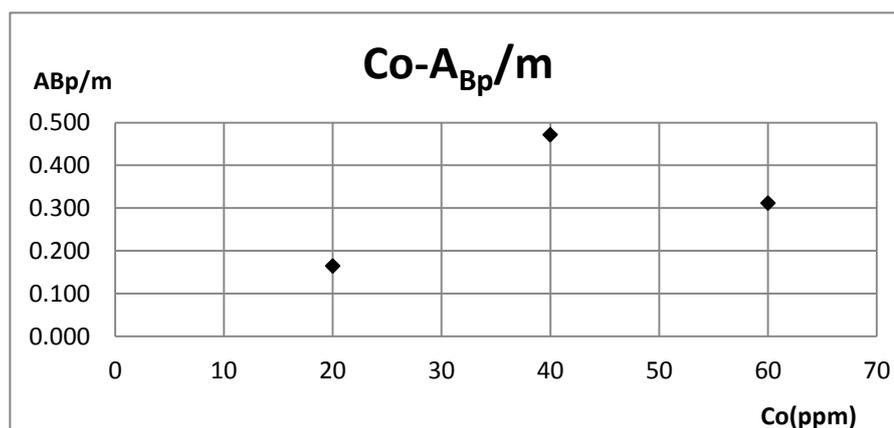
الشكل (8) تغير عدد مكافئات الانتقال لمرشح الفحم الفعال المصنع من قشر الجوز عند ثلاث تراكيز ابتدائية للفينول في المحلول 20,40,60ppm



الشكل (9) يبين علاقة تغير عدد مكافئات الانتقال مع تغير ارتفاع منطقة انتقال الكتلة

كمية الفينول الممتزة على سرير الفحم عند نقطة الاختراق A_{BP} بالنسبة لكمية الفحم m (A_{BP}/m): تعتبر القيمة A_{BP}/m أهم مؤشر على صلاحية الفحم فهي بمثابة السعة الامتزاجية للفحم في الامتزاز بنظام الجريان.

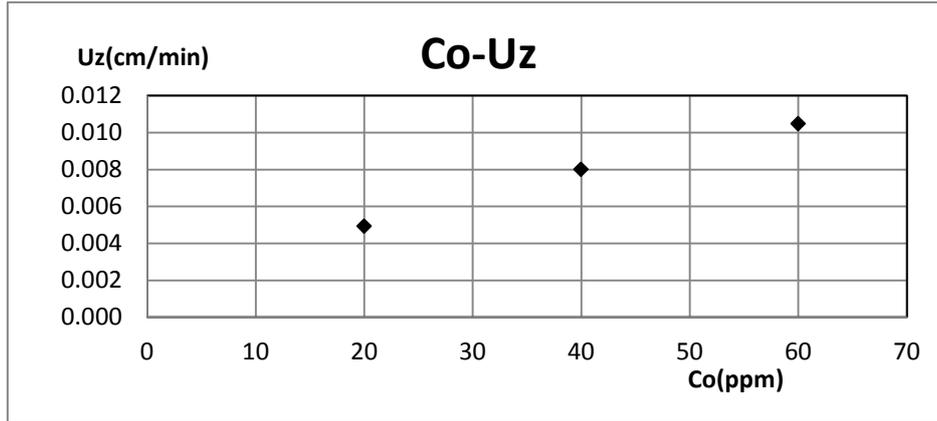
يبين الشكل (10) أن A_{BP} (mg/g) هي الأعلى عند التركيز الابتدائي 40ppm للفينول وهذه النتيجة يمكن تفسيرها بأن الفحم عند هذا التركيز وهذا التدفق قدم عدداً أكبر للمراكز الفعالة القادرة على امتزاز الفينول .



الشكل (10) كمية الفينول الممتزة على سرير الفحم عند نقطة الاختراق لمرشح الفحم الفعال المصنع من قشر الجوز وعند ثلاثة تراكيز ابتدائية للفينول.

معدل انتقال منطقة انتقال الكتلة U_z

يبين الشكل (11) تغيرات معدل حركة منطقة انتقال الكتلة بدلالة التركيز الابتدائي للفينول في المحلول ويمكن تفسير اختلاف قيم U_z بين هذه الفحوم بأن اختلاف التركيز الابتدائي للفينول يؤثر على ارتفاع منطقة انتقال الكتلة H_z فكلما ازدادت هذه المسافة سوف تتناقص سرعة انتقال MTZ.



الشكل (11) يبين تغير معدل انتقال منطقة انتقال الكتلة Uz لمرشح الفحم الفعال المصنع من قشر الجوز مع تغير التركيز الابتدائي للفينول في المحلول

الاستنتاجات والتوصيات

من الدراسة السابقة نستنتج ما يأتي:

1. يتمتع الفحم المستخدم بمقدرة جيدة على إزالة الفينول من محاليله.
2. سعة الامتزاز العظمى للفحم المستخدم هي عند التركيز الابتدائي $Co=40ppm$.
3. تعطي الدراسة الحركية الشروط المثلى للامتزاز، هذه الشروط تختلف حسب كل ثنائية (التركيز- التدفق)

كما يمكن تلخيص التوصيات بما يلي:

1. البحث عن مصادر نباتية محلية رخيصة ومتوفرة لإنتاج الفحم الفعال.
2. ضرورة إجراء الدراسة الحركية لاختيار الظروف التشغيلية الفعالة في كل منظومة (تركيز، تدفق، حجم السرير الثابت).

المراجع:

1. Laszlo, K.; Podkos, C. P.; Dabrowski, A. Heterogeneity Of Activated Carbons With Different Surface Chemistry In Adsorption Of Phenol From Aqueous Solutions. Applied Surface Science, Vol. 252, 2006, 5752–5762.
2. Polat, H.; Molva, M.; Polat, M. Capacity And Mechanism Of Phenol Adsorption On Lignite. Int. J. Miner. Process, Vol. 79, 2006, 264–273.
3. Houari, M.; Hamdi, B.; Brendle, J.; Bouras, O.; Bollinger, J. C.; Baudu, M. Dynamic Sorption Of Ionizable Organic Compounds (Iocs) And Xylene From Water Using Geomaterial-Modified Montmorillonite. Journal Of Hazardous Materials, Vol. 147, 2007, 738–745.
4. Laszl, O. K. Adsorption From Aqueous Phenol And Aniline Solutions On Activated Carbons With Different Surface Chemistry. Colloids And Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, Vol. 265, 2005, 32–39.
5. Babi, K. G.; Koumenides, M.; Nikolaou, A. D.; Makri, C. A.; Tzoumerkas, F. K.; Lekkas, T. D. Pilot Study Of The Removal Of Thms, Haas And Doc From Drinking Water By Gac Adsorption, Desalination, Vol. 210, 2007, 215–224.
6. Orski, P. Enhanced Adsorption Of Phenol From Water By Ammonia-Reated Activated Carbon. Journal Of Hazardous Materials, Vol. 135, 2006, 453–456.

7. Adams, D; Watson, T. L. Treatability Of S-Altrazine Herbicide Metabolites Using Powdered Activated Carbon. *J. Environ. Eng.*, Vol. 122, 1996, 327–330.
8. Tanthapanichakoon, W.; Ariyadejwanich, P.; Japthong, P.; Nakagawa, K.; Mukai, S. R.; Tamon, H. Adsorption–Desorption Characteristics Of Phenol And Reactive Dyes From Aqueous Solution On Mesoporous Activated Carbon Prepared From Waste Tires. *Water Research*, Vol. 39, 2005, 1347–1353.
9. Juang, R.; Wu, F. C.; Tseng, R. L. Characterization And Use Of Activated Carbons Prepared From Bagasses For Liquid-Phase Adsorption. *Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspects*, Vol. 201, 2002, 191–199.
10. Cimino, G.; Cappello, R. M.; Caristi, C.; Toscano, G. Characterization Of Carbons From Olive Cake By Sorption Of Wastewater Pollutants. *Chemosphere*, Vol. 61, 2005, 947–955.
11. Salvador, M. J.; Montero, S.; Salvador, A.; Marti N, M. J. Study Of The Energetic Heterogeneity Of The Adsorption Of Phenol Onto Activated Carbons By Tpd Under Supercritical Conditions,. *Applied Surface Science*, Vol. 252, 2005, 641–646.
12. Chingombe, P.; Saha, B.; Wakeman, R. J. Surface Modification And Characterisation Of A Coal-Based Activated Carbon. *Carbon*, Vol. 43, 2005, 3132–3143.
13. Gupta, V. K.; Srivastava, S. K.; Tyagi, R. Design Parameters For The Treatment Of Phenolic Wastes By Carbon Columns (Obtained From Fertilizer Waste Material). *Water Res.*, Vol. 34, 2000, 1543–1550.
14. Tanthapanichakoon, W.; Ariyadejwanich, P.; Japthong, P.; Nakagawa, K.; Mukai, S. R.; Tamon, H. Adsorption–Desorption Characteristics Of Phenol And Reactive Dyes From Aqueous Solution On Mesoporous Activated Carbon Prepared From Waste Tires. *Water Research*, Vol. 39, 2005, 1347–1353.
15. Capar, G.; Yetis, U. Removal Of Thm Precursors By Gac, Ankara Case Study. *Water Research*, Vol. 36, 2002, 1379–1384.
16. Juang, R. S.; Wu, F. C.; Tseng, R. L. Characterization And Use Of Activated Carbons Prepared From Bagasses For Liquid-Phase Adsorption *Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspects*, Vol. 201, 2002, 191–199.
17. Cimino, G.; Cappello, R. M.; Caristi, C.; Toscano, G. Characterization Of Carbons From Olive Cake By Sorption Of Wastewater Pollutants. *Chemosphere*, Vol. 61, 2005, 947–955.
18. Nakagawa, K.; Namba. A.; Shin, R.; Mukai, S. R.; Tamon, H.; Ariyadejwanich, P.; Tanthapanichakoon, W. Adsorption Of Phenol And Reactive Dye From Aqueous Solution On Activated Carbons Derived From Solid Wastes. *Water Research*, Vol. 38, 2004, 1791–1798.
19. Daniela, M.; Nevskaia, E.; Lopez, C.; Guerrero, R. A.; Munoz, V. Effects Of The Surface Chemistry Of Carbon Materials On The Adsorption Of Phenol–Aniline Mixtures From Water. *Carbon*, Vol. 42, 2004, 653–665.
20. Michaels, A. S. Simplified Method Of Interpreting Kinetic Data In Fixedbed Ion Exchange. *Ind. Eng. Chem.*, Vol. 44, 1952, 1922–1930.

21. Lukchis, G. M. Adsorption System-Design By Mass Transfer Concept. Chem. Eng., Vol. 80, 1973, 111–116.
22. Namane, A.; Hellal, A. The Dynamic Adsorption Characteristics Of Phenol By Granular Activated Carbon. Journal Of Hazardous Materials, Vol. 137, 2006, 618–625.
23. Amin, A. Study Of The Adsorption Of Some Dyes On Activated Carbon Prepared From Walnuts Crust And Wild Cherry. M.S Thesis, Faculty Of Science, University Of Aleppo, 2011.