

# ENGINEER



international scientific journal

## SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT  
TRANSPORT UNIVERSITETI**  
Tashkent state  
transport university



# **ENGINEER**

**A bridge between science and innovation**

**E-ISSN: 3030-3893**

**ISSN: 3060-5172**

**SPECIAL ISSUE**

**16-iyun, 2025**



**[engineer.tstu.uz](http://engineer.tstu.uz)**

**“QURILISHDA YASHIL IQTISODIYOT, SUV VA ATROF-MUHITNI ASRASH TENDENSIYALARI, EKOLOGIK MUAMMOLAR VA INNOVATSION YECHIMLAR” MAVZUSIDAGI RESPUBLIKA MIQYOSIDAGI ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA TASHKILIY QO‘MITASI**

1. Abdurahmonov O.K. – O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi ijtimoiy rivojlantirish departamenti rahbari, Toshkent davlat transport universiteti rektori
2. Gulamov A.A – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
3. Shaumarov S.S – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
4. Suvonqulov A.X. – O‘zsuvta’minoti AJ raisi
5. Xamzayev A.X. – O‘zbekiston ekologik partiyasi raisi
6. Maksumov N.E. – O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida nazorat qilish inspeksiyasi boshlig‘i o‘rinbosari
7. Baratov D.X. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
8. Turayev B. X – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
9. Norkulov S.T. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
10. Adilxodjayev A.E. – Universitedagi istiqbolli va strategik vazifalarini amalga oshirish masalalari bo‘yicha rektor maslahatchisi
11. Negmatov S.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK ilmiy rahbari, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Akademigi
12. Abed N.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK raisi
13. Merganov A.M – Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo‘limi boshlig‘i
14. Ibadullayev A. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi professori
17. Babayev A.R. – “Qurilish muhandisligi” fakulteti dekani
18. Boboxodjayev R.X – Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi boshlig‘i
19. Talipov M.M – Ilmiy nashrlar bilan ishslash bo‘limi boshlig‘i
20. Maxamadjonova Sh.I. - Matbuot xizmati kontent-menedjeri
21. Umarov U.V. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrasi mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrasi mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrasi mudiri
25. Shermuxammedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrasi mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrasi mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mehanika kafedrasi mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrasi professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi assistenti

## Adsorption of benzene vapors in oil waste-based adsorbents

**N.T. Khudaiberganova<sup>1</sup>, A.N. Rizaev<sup>1</sup>, G.R. Rikhsikhodzhaeva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:**

The article studies the optimal conditions for obtaining effective adsorbents based on coke, adsorption of benzene vapors on activated adsorbents. It was found that benzene vapors in the resulting adsorbents are tightly bound by the formation of ~ 10% adsorbate  $\pi$ -complex in KA (coke-asphalt) during adsorption-desorption. Adsorption of benzene in KA is characterized by its excess compared to other adsorbents, the presence of cracks in different layers of the adsorbent and high porosity compared to other adsorbents. According to the results of adsorption of benzene vapors in adsorbents, these adsorbents can be used in various fields, which makes it possible to some extent to satisfy the need of our Republic for adsorbents.

**Keywords:**

coke, benzene, adsorbent, adsorbate, adsorption, desorption, isotherm, monolayer capacity, specific surface area

## **Адсорбция паров бензола в адсорбентах на основе нефтяных отходов**

**Худайберганова Н.Т.<sup>1</sup>, Ризаев А.Н.<sup>1</sup>, Рихсиходжаева Г.Р<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:**

В статье изучены оптимальные условия получения эффективных адсорбентов на основе кокса, адсорбция паров бензола на активированных адсорбентах. Установлено, что пары бензола в полученных адсорбентах прочно связаны образованием ~ 10% адсорбатного  $\pi$ -комплекса в КА (кокс-асфальт) при адсорбции-десорбции. Адсорбция бензола в КА характеризуется его избытком по сравнению с другими адсорбентами, наличием трещин в различных слоях адсорбента и высокой пористостью по сравнению с другими адсорбентами. Согласно результатам адсорбции паров бензола в адсорбентах, эти адсорбенты можно использовать в различных областях, что дает возможность в некоторой степени удовлетворить потребность нашей Республики в адсорбентах.

**Ключевые слова:**

кокс, бензол, адсорбент, адсорбат, адсорбция, десорбция, изотерма, ёмкость монослоя, удельная поверхность

## **1. Введение**

В настоящее время, в связи с бурным развитием промышленных отраслей в мире и расширением областей применения адсорбционных процессов, получение дешевых адсорбентов, полученных на основе местного сырья и промышленных отходов, является одной из актуальных проблем [1]. Известно, что активированные угольные адсорбенты получают из различного углеродсодержащего сырья: бурого и каменного угля [2], древесины и целлюлозы [3], торфа [4], жидких и газообразных углеводородов [5], синтетических полимеров [6], растительных отходов [7] и других видов сырья (сухого, битумного, автомобильных шин, поливинилхлорида и других синтетических полимеров).

Также подробно изучены пиролиз древесных отходов в бескислородной среде с получением активированного угля и активация с использованием водяного пара [8], ортофосфорной кислоты [9]. В настоящее время технология получения углеродных адсорбентов из природного или синтетического сырья активированные паро-газовым методом включает в себя два вида процесса: карбонизация (пиролиз) сырья и высокотемпературная активация окислительно-восстановительным веществом, чаще используется водяной пар [10]. В качестве окислительных материалов

так же используется карбонат ангидрида, кислород и инертный газ.

В нефтеперерабатывающем заводе при крекинге образовывается в большом количестве кокс, гудрон и асфальт. На основе кокса, гудрона и асфальта можно получить эффективные активированные адсорбенты и полученные адсорбенты, также можно использовать для очистки промышленных сточных вод.

## **2. Методика исследования**

Кокс, измельчённый до размера 10 нм, подвергли карбонизации без доступа воздуха при температуре 800°C в течении 4 часов получен образец К-1, образец К-1 активирован водяным паром без доступа воздуха при температуре 800°C получен образец К-2, к измельченному коксу в массовом соотношении 1:1 добавлен гудрон и асфальт (кокс-гудрон (КГ), кокс-асфальт (КА)), в течении 6 часов композиция отстаивалась, затем образцы подверглись сушке при температуре 400°C в течение 2 часов и активации водяным паром без доступа воздуха при температуре 800°C в течение 4 часов. Изучены адсорбционные свойства полученных образцов по адсорбции паров бензола.

Бензол, выбранный в качестве адсорбата, очищали в вакууме, до установления давления насыщенного пара

над замороженным образцом бензола, соответствующего таковым табличным значениям.

Изотермы адсорбции паров бензола активированными угольными адсорбентами были изучены на приборе MAK-BEN-BAKRA с использованием чувствительного кварцевого спирального устройства Макбена [12]. Перед измерением адсорбции паров бензола в адсорбентах каждую адсорбцию вакуумировали до остаточного давления  $1,33 \times 10^{-3}$  Па и нагревали при 473 К в течение 8 часов, после чего получили изотермы адсорбции.

### 3. Результаты исследования

Изотермы адсорбции в изученных системах показали, что образец К-1 по отношению к К-2 в 2,5, к КГ в 3,3, к КА в 4,2 раза увеличивается. Так же изотермы адсорбции в изученных системах показали, что образец КА характеризует наибольшее поглощение паров бензола. В адсорбентах наблюдалось, что величина адсорбции резко возрастает от нулевого значения относительного давления до  $P/P_s \approx 0,2$  и приближается к состоянию насыщения в диапазоне  $P/P_s \approx 0,8-1$ . Гистерезис в изотермах в сочетании с линиями десорбции и адсорбции образует адсорбционные кольца в диапазоне удельного относительного давления ( $P/P_s \approx 0,1-0,2$ ). Исходя из этого, можно сделать вывод, что при более высоких удельных давлениях адсорбция сопровождается капиллярной конденсацией (рис. 1).

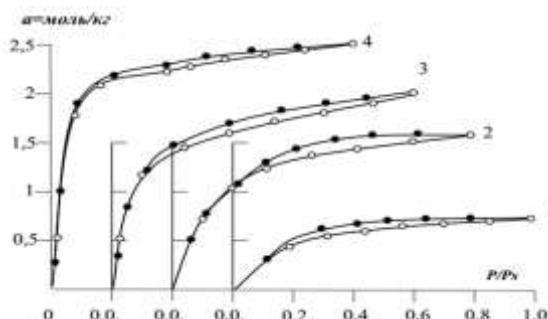


Рис. 1. Изотермы адсорбции паров бензола на образцах К-1 (1), К-2 (2), КГ (3), КА (4)

Уравнение изотермы адсорбции БЭТ широко используется для определения величины ёмкости монослоя ( $a_m$ ), удельной поверхности ( $S$ ) и адсорбции насыщения ( $a_s$ ). Образец КА показал наилучший результат по удельной поверхности и объёму насыщения в отличии от других образцов. Основная часть молекул бензола в адсорбентах находится в монослое и составляет: в К-1 - 55%, в К-2 - 51%, в КГ - 50%, в КА - 57%, а также удельная поверхность ( $S$ ) в КА по сравнению с К-1 самая высокая, т.е. в 4,3 раза больше (Таблица 1).

Таблица 1

Структурно-сорбционные показатели по адсорбции паров бензола на адсорбентах, активированных в различных условиях на основе кокса

№	Адсорбенты	Ёмкость монослоя $a_m$ , моль/кг	Удельная поверхность, $S$ $\text{м}^2/\text{г}$	Адсорбция насыщения, $a_s$ , моль/кг
1	К-1	0.33	80	0.6
2	К-2	0.76	183	1.5
3	КГ	1.0	240.8	2
4	КА	1.43	344.1	2.5

Высокая адсорбционная способность образца КА объясняется тем, что при смешивании асфальта с коксом асфальт проникает в структуру кокса, при его нагревании образуются дополнительные поры, а при активации водяным паром аморфные атомы углерода в коксе выходят наружу. В то же время, в начальных случаях адсорбции на КА ее эффективность по сравнению с другими адсорбентами обусловлена количеством щелевых пор между слоями в результате изменений структуры адсорбента, а также электронной природой и взаимодействием молекул бензола.

Объемы адсорбции, определенные при различном относительном давлении ( $P/P_s$ ) на основе изотерм адсорбции бензола в полученных адсорбентах, приведены в таблице ниже (таблица 2).

Таблица 2

Объемные показатели пористости в адсорбентах, активированных в различных условиях на основе кокса

№	Адсорбенты	Объём микропор $W_0 \cdot 10^3$ , $\text{м}^3/\text{кг}$	Объём мезопор $W_{me} \cdot 10^3$ , $\text{м}^3/\text{кг}$	Объём насыщения $V_s \cdot 10^3$ , $\text{м}^3/\text{кг}$
1	К-1	0.05	0.03	0.053
2	К-2	0.13	0.003	0.133
3	К-3	0.16	0.016	0.176
4	КА	0.21	0.012	0.222

Используя уравнение теории насыщения микропор, было обнаружено, что объем микропор образца К-2 в 2,6 раза больше, чем К-1, в 3,2 раза в КГ и в 4,2 раза больше, чем в КА.

### 4. Заключение

Было обнаружено, что адсорбент КА, полученный на основе кокса и асфальта, обладает свойством устойчивого связывания благодаря тому, что в процессе адсорбции связывается ~10%  $\pi$ -комплексов молекул бензола. Адсорбция бензола в КА характеризуется его избыtkом по сравнению с другими адсорбентами, наличием трещин в различных слоях адсорбента и высокой пористостью по сравнению с другими адсорбентами. Согласно результатам адсорбции паров бензола в адсорбентах, эти адсорбенты можно использовать в различных областях, что дает возможность в некоторой степени удовлетворить потребность нашей Республики в адсорбентах.

### Использованная литература / References

[1] Govindaraj, A. and Rao, C.N.R., in Carbon Nanotech-nology, Liming Dai, Ed., Amsterdam: Elsevier, 2006, ch.

[2] Viswanathan, B. Methods of activation and specific applications of carbon materials / B.Viswanathan, P.Indra Neel, T.K.Varadarajan // Indian Institute of Technology Madras. - 2009. - p. 160.

[3] Саврасова Ю.А. Углеродные адсорбенты на основе лигноцеллюлозных материалов / Ю.А.Саврасова, Н.И.Богданович, Н.А.Макаревич, М.Г.Белецкая // Лесной журнал. - 2012. - №1. - с. 107-112.

[4] Masakatsu M. Rapid microwave pyrolysis of wood / M.Masakatsu, K.Harumi, T.Shikenobu, T.Kenji, A.Koji // J.Chem. Eng. Jap. – 2000. – vol. 33, iss. 2. – PP. 299-302.

[5] Uraki Y. Preparation of activated carbon from peat / Y.Uraki, Y.Tomai, M.Ogawa, S.Gaman, S.Tokura // BioResources. – 2009. - №4 (1) – PP. 205-213.

[6] Mingbo Wu. Preparation of porous carbons from petroleum coke by different activation methods / Wu Mingbo, Qingfang Zha, Jieshan Qiu, Xia Han, Yansheng Guo, Zhaofeng Li, Aijun Yuan, Xin Sun // Fuel. – 2005. – 84, 14-15. – p. 1992 – 1997.

[7] Juma M. Pyrolysis and combustion of scrap tire / M.Juma, Z.Koreňová, J.Markoš, J.Annus, L.Jelemenský // Petroleum & Coal. – 2006. - 48(1). – p. 15-26.

[8] Чесноков Н.В. Углеродные адсорбенты из гидролизного лигнина для очистки сточных вод от органических примесей / А.О.Еремина, В.В.Головина, Н.В.Чесноков, Б.Н.Кузнецов // Journal of Siberian Federal University; Chemistry. – 2011.– №1 (4) с. 100-107.

[9] Покровская Е.Н., Никифорова Т.П., Маковский Ю.А. // 1-я Всерос. конф. по полимерным материалам пониженной горючести: Тез. докл. Волгоград. 1995. С. 105- 107.

[10] Богданович Н.И. Синтез углеродных адсорбентов из лигноцеллюлозных материалов термохимической активации с NaOH / Н.И.Богданович, Г.В.Добеле, Ю.А.Саврасова // Акт. проблемы теории адс-ции, пор-ти и адс. селект-ти: материалы XIV Всерос. симпозиума с участием иностранных ученых. 26 – 30 апреля 2010 г. – Москва – Клязьма. - 2010. - С. 68.

[11] Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. - М.: Химия, 1996. – 592 с.

[12] Rakov, E.G., Usp. Khim., 2000, vol. 69, no. 1, p. 4

## Информация об авторах

**Худайберганова Н.Т** Ташкентский государственный транспортный университет PhD, доцент и.о.,  
e-mail: [khmt90@mail.ru](mailto:khmt90@mail.ru)  
ORCID: 0009-0009-3365-5146

**Ризаев А.Н** Ташкентский государственный транспортный университет, д.т.н., профессор  
e-mail: [mr.rizaev.58@mail.ru](mailto:mr.rizaev.58@mail.ru)  
ORCID: 0000-0002-9125-3788

**Рихсиходжаева Г.Р** Ташкентский государственный транспортный университет, PhD, доцент  
e-mail: [gulchexrarr@gmail.com](mailto:gulchexrarr@gmail.com)  
ORCID: 0000-0003-2438-1939

# CONTEXT / MUNDARIVA

<b>D. Allayorova, M. Ikramova</b>	
<i>Study of siltation intensity of water reservoir.....</i>	<b>4</b>
<b>Z. Yerkebayev, M. Aliev</b>	
<i>Biological purification of drinking water using hydrobiomass .....</i>	<b>7</b>
<b>N. Khudaiberganova, A. Rizaev, G. Rikhsikhodzhaeva</b>	
<i>Adsorption of benzene vapors in oil waste-based adsorbents.....</i>	<b>10</b>
<b>U. Bahramov, Sh. Esanmurodov, N. Khakimova</b>	
<i>Development of a quality management system for housing and communal services (HCS) .....</i>	<b>13</b>
<b>A. Arifjanov, F. Babajanov, J. Donoboev</b>	
<i>Feature of river flow in the riverbed .....</i>	<b>16</b>
<b>J. Shukurov, S. Omandavlatov, O. Ochilidiyev, O. Yunusov</b>	
<i>Compositional analysis of treated wastewater at the Termez city wastewater treatment plant.....</i>	<b>20</b>
<b>U. Bakhramov, U. Umarov, K. Kuvondikov</b>	
<i>Improving the methods of alternative design of water supply and distribution systems .....</i>	<b>23</b>
<b>D. Umarova, O. Musaev, U. Umarov, A. Rizaev, N. Hudayberganova</b>	
<i>Setting the task of automating the method of designing the longitudinal profile of engineering networks .....</i>	<b>26</b>
<b>K. Rakhimov, A. Rizaev, S. Sabirova</b>	
<i>Change in energy in the interposition of flows .....</i>	<b>30</b>
<b>A. Obidjonov, B. Kakharov, A. Babaev, U. Chorshanbiev</b>	
<i>Open channel coating protection technology when saving water resources .....</i>	<b>33</b>
<b>U. Umarov, F. Abdujalilov</b>	
<i>Yangihayot district ground (drainage) water seasonal analysis study..</i>	<b>36</b>
<b>U. Umarov, F. Abdujalilov</b>	
<i>Study of natural purification of drainage water in unlined ditches ...</i>	<b>39</b>
<b>K. Kuvondikov, N. Khudayberganova, G. Rikhsikhodjaeva, E. Khayrullaev</b>	
<i>Methods of washing filters in wastewater systems and their effectiveness .....</i>	<b>42</b>
<b>M. Ruzibaeva, U. Umarov, A. Rizaev, U. Bakhramov</b>	
<i>Analysis on local redcurrent sand for water filter loading.....</i>	<b>46</b>