KIMYO

UDK: 541.183:543.421 DOI: 10.56292/SJFSU/vol29_iss4/a76

DARAXT CHIQINDISI ASOSIDA OLINGAN KO‘MIRLARDA BENZOLGA NISBATAN ADSORBSION FAOLLIGI O‘ZGARISHINI O‘RGANISH

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АДСОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ПО БЕНЗОЛУ В УГЛЯХ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

STUDY OF CHANGES IN ADSORPTION ACTIVITY FOR BENZENE IN COALS BASED ON WOOD WASTE

Payg‘amov Raximjon Abduqayumovich[1], Xoshimov Shaxrom Mansurjon o‘g‘li[2], Ochilov G‘olibjon Mamayunusovich[3], Raxmonaliyeva Nulufar Nodirjon qizi[4], Eshmetov Izzat Do‘simbatovich[5]

[1]Payg‘amov Raximjon Abduqayumovich	– O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti doktoranti, PhD., dots
[2]Xoshimov Shaxrom Mansurjon o‘g‘li	– O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti tayanch doktoranti
[3]Ochilov G‘olibjon Mamayunusovich	– Qo‘qon davlat pedagogika instituti, kimyo kafedrasi mudiri, k.f.n., prof
[4]Raxmonaliyeva Nulufar Nodirjon qizi	– O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti stajyor-tadqiqotchisi
[5]Eshmetov Izzat Do‘simbatovich	– O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti, kolloid kimyo va sanoat ekologiyasi laboratoriyasi mudiri. t.f.d., prof.

Annotatsiya

Maqolada daraxt poyalari chiqindilari asosida faollantirilgan ko‘mir adsorbentlar (FK) olish usullari o‘rganilgan. Ushbu turdagi adsorbentlardan suyuq va gaz fazada qo‘chimcha moddalarni adsorbsiyalash uchun foydalanish ahamiyatga ega. Shu maqsadda Respublikamiz hududida o‘sadigan chinor, yasen, gilos, yong‘oq va o‘rik daraxti poyasi chiqindilaridan FK adsorbentlar tayyorlandi hamda ularning fizik-kimyoviy, kolloid xossalari tadqiq etildi. Buning uchun dastlab o‘simlik biomassasi termik hamda bug‘-gaz faollantirish usullari yordamida FC namunalari olindi. Tayyorlangan namunalarning benzol bug‘lari bilan adsorbsiyasi o‘rganildi. Adsorbsiya izotermalari va BET nazariyasi asosida namunalarning adsorbsion xossalari (to‘yinish adsorbsiyasi, monoqavat sig‘imi, solishtirma sirt yuzasi) ko‘rsatkichlari hamda ularning o‘zgarishi batafsil yoritilgan. MHTN asosida FKlarning to‘yinish adsorsiya hajmi, mezzo va mikro g‘ovaklar hajmlari aniqlandi. Bundan tashqari g‘ovaklarning o‘rtacha radiusi, adsorbsiya va desorbsiya jarayoni mexanizmlari, ya’ni adsorbentga adsorbtivni yutilishiga bog‘liq farazlar hamda faollantirish haroratiga adsorbsiya miqdorini bog‘liqligi haqida fikrlar bayon etilgan. FK namunalarning benzol bug‘i adsorbsiyasi natijalariga ko‘ra, chinor daraxti poyasi chiqindilaridan 800 °C da (xavosiz sharoitda piroliz usuli bilan) suv bug‘i bilan 1,5 soat davomida faollantirib olingan ko‘mir adsorbentining adsorbsiya miqdori, g‘ovaklar hajmi qolgan namunalarga nisbatan yuqori ekanligi aniqlandi. Ushbu FK namunalarini kimyo sanoatning turli sohalarida ishlab chiqarish mahsulotlarini organik birikmalardan tozalash maqsadida adsorbent sifatida ishlatish mumkin.

Аннотация

В статье рассмотрены способы получения активированных угольных адсорбентов (АУ) на основе отходов стволов чинара, ясень, абрикос, орех, и вишни.Важно использовать этот тип адсорбентов для адсорбции посторонних веществ в жидкой и газовой фазе.Для этого из отходов стволов чинара, ясень, абрикос, орех, и вишня, произрастающего на территории нашей республики, были приготовлены адсорбенты АУ и изучены их физико-химические, коллоидные свойства.Для этого были отобраны пробы АУ методами термической и парогазовой активации растительной биомассы.Исследована адсорбция приготовленных образцов парами бензола.На основе изотерм адсорбции и теории БЭТ подробно объясняются показатели адсорбционных свойств образцов (насыщающая адсорбция, емкость монослоя, удельная поверхность) и их изменения.На основе ТОЗМ определяли насыщенный адсорбционный объем, объемы мезо- и микропор АУ. Кроме того, представлены средний радиус пор. Описаны механизмы процессов адсорбции и десорбции, т. е. гипотезы, связанные с адсорбцией адсорбента на адсорбенте и зависимость величины адсорбции от температуры активации. По результатам адсорбции паров бензола образцов АУ установлено количество адсорбированного угольного адсорбента, активированного парами воды за 1,5 часа при 800 °C (методом пиролиза в безвоздушных условиях) из стволовых отходов клена, остаточный объем пор составил выше, чем образцы. Эти образцы АУ могут быть использованы в качестве адсорбентов для очистки продуктов производства от органических соединений в различных областях химической промышленности.

KIMYO

Abstract

The article discusses methods for obtaining activated carbon adsorbents (AC) based on the waste of trunks of plane tree, ash, apricot, walnut, and cherry. It is important to use this type of adsorbents for the adsorption of foreign substances in the liquid and gas phases. For this purpose, AC adsorbents were prepared from the waste of trunks of plane tree, ash, apricot, walnut, and cherry growing on the territory of our republic and their physicochemical, colloidal properties were studied. For this, AC samples were taken using the methods of thermal and steam-gas activation of plant biomass. The adsorption of prepared samples by benzene vapors was studied. On the basis of adsorption isotherms and BET theory, indicators of the adsorption properties of samples (saturation adsorption, monolayer capacity, specific surface area) and their changes are explained in detail. The saturated adsorption volume and the volumes of AC meso- and micropores were determined on the basis of TOSM. In addition, the mean pore radius is shown. The mechanisms of adsorption and desorption processes are described, i.e., hypotheses related to the adsorption of the adsorbent on the adsorbent and the dependence of the adsorption value on the activation temperature. According to the results of benzene vapor adsorption of AC samples, the amount of adsorbed carbon adsorbent activated by water vapor for 1.5 hours at 800 °C (by pyrolysis under airless conditions) from maple stem waste was established, the residual pore volume was higher than the samples. These AC samples can be used as adsorbents for the purification of production products from organic compounds in various areas of the chemical industry.

Kalit so‘zlar: *faollantirilgan ko‘mir, benzol, adsorbsiya, solishtirma sirt yuza, termik faollantirish, monoqavat sig‘imi, g‘ovaklik.*

Ключевые слова: активированный уголь, бензол, адсорбция, удельная поверхность, термоактивация, пористость, емкость монослоя.

Key words: activated carbon, benzene, adsorption, specific surface area, thermal activation, porosity, monolayer capacity.

KIRISH

Bugungi kunda sanoatning turli sohalarida yuqori adsorbtsion xossaga ega yuqori sifatli faollantirilgan ko‘mirlar (FK) yetishmovchiligi dolzarb vazifalardan biri bo‘lib hisoblanadi. Olib borilgan tadqiqotlarda [1, 2] faollantirilgan ko‘mirlarni ishlatish sohalari yoritilgan. Unga ko‘ra, uglerodli adsorbentlarning asosiy ishlatilish sohalari: oziq-ovqat mahsulotlari sanoatiga 42 %, texnologik jarayonlarga 38 %, atrof-muhit muhofazasi uchun 10 % miqdorda [3] to‘g‘ri keladi.

FK tibbiy preparatlarni, ayniqsa antibiotiklarni sintez qilishda katta ahamiyatga ega. Faollantirilgan ko‘mir adsorbentlari dori vositalarini olish, bu jarayonlarning yakuniy bosqichlarida, tabletka va boshqa shakllarga keltirish vaqtida chuqur adsorbtsion tozalash jarayonlarida foydalaniladi [4].

FK oziq-ovqat sanoatida moy va yog‘larni yoqimsiz hidlardan tozalash (hidsizlantirish) jarayonlarida ham keng ko‘lamda foydalaniladi. Ushbu maqsadlarda ishlatiladigan kukunsimon shakldagi mikrog‘ovakli FK bug‘ va gaz yordamida faollantirilgan bo‘lishi kerak. Donodor FK faqat istisno hollarda, masalan yog‘larni yoqimsiz hidlardan tozalashda ishlatiladi [5]. Yog‘-moy ishlab chiqarish sanoatida distillash texnologiyalarining takomillashuviga qaramasdan, sovun ishlab chiqarishda yog‘larni gidroliz jarayonida hosil bo‘ladigan glitserinni, ayniqsa, yakuniy bosqichda faollantirilgan ko‘mir adsorbentlardan foydalaniladi.

Kukunsimon FK jelatin va pektinni tozalashda keng qo‘llaniladi [7]. Shu bilan birga mahsulotlar yuqori yopishqoqlikka ega bo‘lganligi uchun tozalash jarayoni qiyin kechadi. Bundan tashqari, oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talab yuqori bo‘lganligi uchun tozalash jarayoni takrorlanishi ham mumkin [6].

Ichimlik suvini koagulyatsiyalashdan avval tozalash jarayonida odatda kukunsimon faollantirilgan ko‘mir ishlatiladi [8]. Ushbu ko‘mirni qayta regeneratsiya qilib ishlatib bo‘lmaydi, shuning natijasida ko‘p miqdorda loyqa hosil bo‘ladi. Ichimlik suvini tozalashning oxirgi bosqichda qo‘shimcha ravishda faollantirilgan ko‘mir yordamida sorbtsion tozalanadi.

Uglerodli sorbentlar bilan adsorbtsion tozalash texnologiyasi gazli muhitdan oltingugurt birikmalarini tozalash jarayonini (SO_2, SO_3, H_2S va boshqa oltingugurt birikmalarini chiqarish), zararli moddalar adsorbsiyasi, shu jumladan past kontsentratsiyali organik bug‘lar va radiaktiv gazlarni tozalashni o‘z ichiga oladi [5].

ADBIYOTLAR TAXLILI VA METODLAR

Ma’lumki, faollantirilgan ko‘mirlar olishning birlamchi hom ashyolariga daraxt ko‘miri va toshko‘mir misol bo‘ladi. Hozirgi vaqtda faollantirilgan ko‘mirlar turli xil uglerodli hom ashyodardan: yog‘och va sellyuloza [9, 10], torf [11], qo‘ng‘ir va toshko‘mir [12], suyuq va gaz holatidagi uglevodorodlar [13], sintetik polimerlar [14], o‘simlik chiqindilari [15] hamda boshqa hom

ashyolardan (qurim, asfalt, bitum, avtomobil shinalari, polivinil xlorid va boshqa sintetik polimerlarning chiqindilari) olinmoqda. Qabul qilingan bir bosqichli texnologiyaga muvoffiq har xil turdagi uglerodli xom ashyolardan faol aralashtirilgan uglerod: aralash yog‘och, chiqindi yog‘och (po‘stlog‘i) va arralagandagi chiqindisi (qipiq) turlariga ajratmasdan piroliz va qaynash qatlami qurilmasida faollantirish mumkin [16-20].

Turli xil turdagi o‘simliklar qoldiqlari piroliz qilinganda tarkibidagi uglevodlar va lignin parchalanishi natijasida yog‘och ko‘mirlari hamda qimmatli kichik molekulali organik birikmalar hosil bo‘ladi. Bundan tashqari bambuk, turli xil donli ekinlar somonlari, makkajo‘xori poyasi, g‘o‘za poyasi, guruch, paxta qoldiqlari, kungaboqar soyaboni qoldig‘i va boshqalar daraxt poyasidan tashqari piroliz uchun ishlatiladigan hom-ashyolarga turiga kiridi. Chunki yuqorida sanab o‘tilgan mahsulotlar har yili chiqindi sifatida tashlab yuboriladi [21].

Sanoatning turli sohalarida faollantirilgan ko‘mir adsorbentlar olish texnologiyalari turli xil uglerodli materiallarni asosan bug‘-gaz va kimyoviy faollantirish usullaridan foydalanishga asoslangan [6].

Uglerodli adsorbentlarning fizik faollantirishning kimyoviy faollantirishdan asosiy afzalligi dastlabki hom-ashyoning mikrotuzilishini saqlanib qolishi hisoblanadi. Kimyoviy faollantirish esa ko‘mirning tarkibiy tuzilishi o‘zgarishi bilan boradi. Fizik faollantirish jarayoni materialning sirt faollashuvidan iborat bo‘ladi [22].

Bugungi kunda sanoatning turli sohalarida yuqori adsorbsion xossaga ega yuqori sifatli faollantirilgan ko‘mirlar (FK) yetishmovchiligi dolzarb vazifalardan biri bo‘lib hisoblanadi. Shuni ta’kidlash kerakki, hozirgi paytgacha metallurgiya va neftni qayta ishlash sanoati oqava suvlarini qo‘shimcha metall ionlari va neft mahsulotlari, shuningdek, metallurgiya sanoatining texnologik eritmalari tarkibidan qimmatbaho metallarni ajratib olish uchun daraxt poyalari chiqindilari asosida ko‘mir adsorbentlar olish usullarini yaratish va ularning fizik-kimyoviy, adsorbsion xossalarini o‘rganish borasidagi yetarlicha tadqiqotlar olib borilmagan. Mamlakatimizda asosan tabiiy mineral birikmalar (bentonitlar)ga organik moddalar adsorbsiyasiga [23], bundan tashqari sintetik seolitlarga organik va noorganik moddalar adsorbsiyasiga [24] oid ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan. Daraxt poyasilari asosida olingan ko‘mir adsorbenlarning termik ishlov berish haroratlar farqiga ko‘ra, adsorbsiyalanish hajmining o‘zgarishi to‘liq o‘rganilmagan. Shu maqsadda mahalliy daraxtlar poyalari asosida turli haroratlarda termik hamda suv bug‘i yordamida faollantirilgan ko‘mir namunalarining benzol bo‘g‘iga nisbatan adsorbtsion faolligini tadqiq qilish zarur.

Tadqiqot obyekti sifatida Respublikamiz hududida o‘sadigan o‘rik, gilos, yong‘oq, yasen va chinor daraxti chiqindilari tanlab olindi. 400-800^{o}C haroratda termik faollantirish sharoitlarining o‘simlik chiqindilari asosidagi FK xususiyatlariga tasiri o‘rganildi. Buning uchun mualliflar avvalgi ishlarida [25] keng yoritilgan laboratoriya piroliz uskunasi ishlatildi.

Daraxt poyalari asosida termik faollantirish usullari yordamida olingan ko‘mir namunalarining Aseton bo‘yicha g‘ovakligi GOST 6217-52 asosida aniqlandi. Ularda gaz va suyuqliklar bug‘lari adsorbsiyasi yuqori vakuumli Mak-Ben-Bakra tarozisida olib borildi. Olingan izotermalar BET tenglamasi yordamida qayta ishlangan.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Aseton bo‘yicha ko‘mir namunalari g‘ovakligini aniqlash natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

400^{o}C temperaturada olingan ko‘mir namunalarining Aseton bo‘yicha g‘ovakligi

Namuna	**FGDK[1]**	**FO‘DK[2]**	**FYODK[3]**	**FCHDK[4]**	**FYADK[5]**
Aseton bo‘yicha g‘ovakligi; %	33,5	30,0	34,8	41,8	40,7

**Faollantirilgan ko‘mirlar: [1]gilos, [2]o‘rik, [3]yong‘oq, [4]chinor, [5]yasen daraxti asosida.*

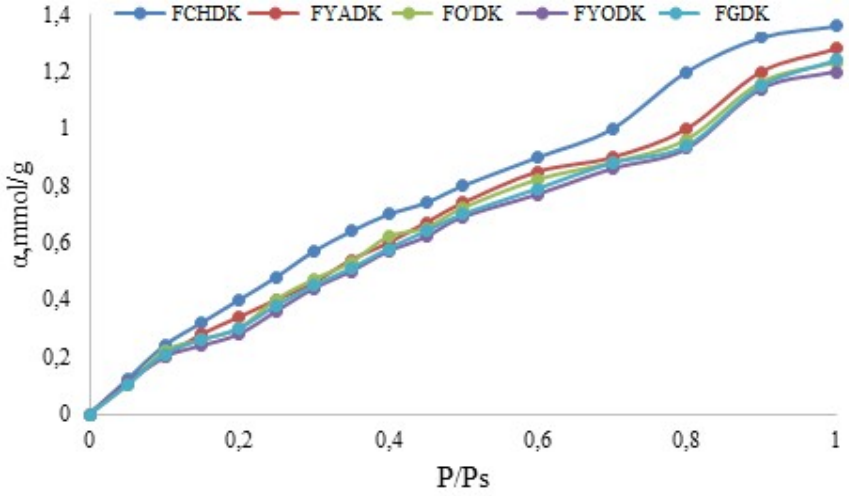
Bu jadval ma’lumotlaridan eng yuqori g‘ovaklik darajasiga bir xil sharoitda ishlov berilgan faqat dastlabki xomashyo turi bilan farq qiladigan FCHDK va FYADK namunalari ega ekanligini ko‘rishimiz mumkin. Bu namunalarda g‘ovaklik darajasi mos ravishda 41,8 va 40,7 % ni tashkil qiladi. Eng past g‘ovaklik darajasiga o‘rik daraxti chiqindilaridan olingan ko‘mir namunalari ega. Olingan natijalar faollantirilgan ko‘mirlarning g‘ovaklik strukturasi ularni olishga ishlatilgan xomashyo tabiyatiga bog‘liqligini isbotlaydi.

KIMYO

G‘ovaklik strukturasidagi farq ularning tuzilishi bilan to‘g‘ridan to‘g‘ri bog‘liq bo‘lib, bu o‘z navbatida FK ko‘mir namunalaring adsorbtsion faolligiga tasir qiladi.

400ºC haroratda termik ishlov berilgan ko‘mir namunalarida benzol bug‘i adsorbsiyasi izotermalari 1-rasmda keltirilgan. Benzol adsorbsiyasi qiymati nisbiy bosimning kam qiymatlarida keskin ko‘tarilishini FCHDK, FYADK va FO‘DK namunalari uchun ko‘rishimiz mumkin. Adsorbsiya qiymatlaridagi farq FK tarkibidagi uglerod atomlari hosil qilgan tasodifiy joylashgan qavatlar orasidagi yoriqlar, g‘ovaklarning miqdori va benzol molekulalarining elektron tabiati hamda o‘zaro ta’sirlanishlari bilan bog‘liqdir.

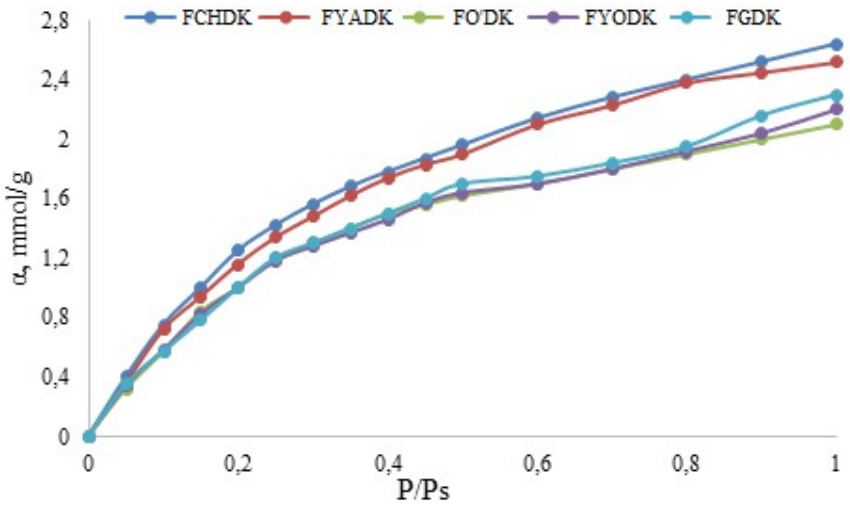
Izotermalar shakli bo‘yicha bir-biriga o‘xshash va ular IV tipga mos keladi. Bunday tipdagi izotermalar asosan mikrog‘ovakli materiallarga xos bo‘lib hisoblanadi va bunday materiallar past nisbiy bosimlarda ham yuqori sorbtsion qobiliyatga ega hisoblanadi.



1-rasm. 400ºC haroratda termik ishlov berilgan ko‘mir namunalarida benzol bug‘i adsorbsiyasi izotermasi.

Daraxt poyalari asosida 400ºC haroratda termik faollantirib olingan ko‘mir adsorbentlarda benzol bug‘i adsorbsiyasi izotermalaridan barcha nisbiy bosim (p/p_s) qiymatlarida chinor daraxti asosida olingan ko‘mir uchun adsorbsiya qiymati boshqa namunalarga nisbatan yuqori bo‘lishi aniqlandi.

Horaratni yanada 800ºC gacha ortishi barcha namunalar uchun benzol adsorbsiyasi qiymatining ortishiga olib keladi (2-rasm). FCHDK va FYADK namunalari uchun izotermalari shakli buyicha I tipga mansub bo‘lsa, qolgan namunalar uchun IV tipga to‘g‘ri keladi. Ushbu namunalarda benzol bug‘lari ikkilamchi g‘ovakliklarda kapillyar kondensatsiyalanishi natijasida adsorbsiya sodir bo‘lganligidan dalolat beradi.

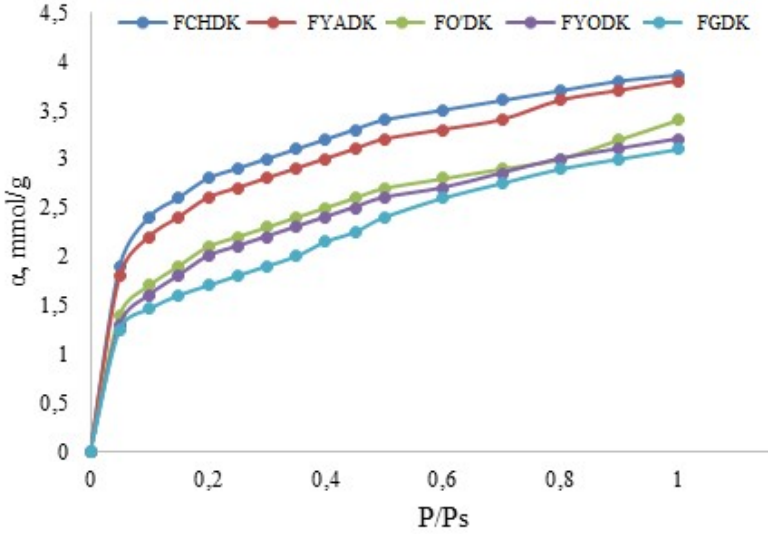


2-rasm. 800ºC haroratda termik ishlov berilgan ko‘mir namunalarida benzol bug‘i adsorbsiyasi izotermasi.

Termik ishlov berish harorati ortishi bilan adsorbsiya qiymatlarining o‘zgarishi namunalar tarkibida yangi g‘ovaklarning hosil bo‘lishi bilan bog‘liq. G‘ovaqlik hajmining ortishi nisbatan past haroratlarda termik ishlov berilganda namuna tarkibidagi o‘zgarishga uchramagan organik birikmalarning va smolasimon moddalarning yuqori haroratlarda (800ºC) ajralib chiqishi bilan bog‘liq.

Sanoat miqyosida adsorbentlarning adsorbtsion faolligini oshirish maqsadida keng ko‘lamda foydalaniladigan usullardan biri suv bug‘i yordamida faollantirish hisoblanadi. Ko‘mir adsorbentlar suv bug‘i bilan faollantirilganda tarkibidagi amorf uglerodning yuqori haroratda suv bug‘i bilan ta’sirlashishi ($C+H_2O \rightarrow CO+H_2$) natijasida qo‘shimcha g‘ovakliklar va yoriqlar hosil bo‘ladi. Shu bilan birga ko‘mir tarkibidagi qo‘shimchalarda yuqori haroratda suv bug‘i bilan kimyoviy o‘zgarishga uchrashi natijasida ko‘mir sistemasidan chiqib ketishi mumkin. Bu esa ularni adsorbtsion qobiliyatiga sezilarli ta’sir etadi.

Termik ishlov berilgan ko‘mir namunalari 800ºC da 1,5 soat davomida suv bug‘i yordamida ishlov berildi. Olingan namunalarda benzol bug‘i adsorbsiyasi natijalari 4-rasmda keltirilgan.



3-rasm. 800ºCda suv bug‘i bilan faollantirib olingan ko‘mir namunalarida benzol bug‘i adsorbsiyasi izotermasi.

KIMYO

O‘rganilgan sitemalarda past nisbiy (P/Ps=0,1-0,2) bosim qiymatlarida benzol bug‘i adsorbsiyasi qiymatlarining ortishi natijasida adsorbsiya izotermalarining keskin ko‘tarilishini namoyon qiladi. Shu bilan birga, har xil haroratda termik ishlov berish natijasida olingan ko‘mir namunalaridagi adsorbsiya qiymatlaridan nisbatan yuqori ekanligini ma’lum bo‘ldi.

Adsorbentlarning struktura adsorbtsion ko‘rsatkichlardan solishtirma yuzasi (S) BET tenglamasi yordamida aniqlanib, ular quyidagi jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Faollantirilgan ko‘mirlar namunalarida benzol bug‘i adsorbsiyasi bo‘yicha struktura - sorbsion ko‘rsatkichlari

Namuna	Faollantirish harorati, °C	Monoqavat sig‘imi, a_m, mol/kg	Solishtirma yuzasi, $S \cdot 10^{-3}$, m^2/kg	To‘yinish adsorbsiyasi a_s, mol/kg
FCHDK	400	0,33	79	1,36
	600	0,57	138	1,74
	800	1,06	255	2,64
	800+suv bug‘i	2,0	482	3,86
FYADK	400	0,31	75	1,28
	600	0,53	128	1,68
	800	1,01	243	2,52
	800+suv bug‘i	1,82	438	3,8
FO‘DK	400	0,32	77	1,23
	600	0,47	112	1,56
	800	0,7	169	2,1
	800+suv bug‘i	1,54	371	3,4
FYODK	400	0,25	60	1,20
	600	0,48	116	1,58
	800	0,69	166	2,2
	800+suv bug‘i	1,48	357	3,2
FGDK	400	0,27	65	1,24
	600	0,51	124	1,62
	800	0,74	178	2,3
	800+suv bug‘i	1,46	352	3,1

XULOSA

O‘rganilgan barcha adsorbentlarda (FCHDK, FYADK, FO‘DK, FYODK va FGDK) faollantirish harorati ortishi bilan ko‘mir adsorbentlarning solishtirma yuza (**S**) va to‘yinish hajmi ($\mathbf{a_s}$) ortib borishi aniqlandi. FCHDK namunasini ishlov berish haroratini 400 dan harorat 800ºC gacha oshirish yana 1,84 marta ortishiga olib keladi. Eng yuqori sorbtsion-struktur ko‘rsatkichlar aynan chinor daraxti asosida olingan ko‘mir namunalarida namoyon buladi. Ishlov berish haroratining 400 dan 800ºC gacha ortishi chinor daraxti asosidagi namunalar sirt yuza qiymatlarini 3,2 marotaba, bu haroratda suv bug‘ini qo‘llash esa 6,1 marotaba oshirishi aniqlangan.

Daraxt poya va chiqindilari asosida termik hamda gaz holatidagi suv yordamida faollantirib olingan ko‘mir namunalarining benzol bug‘iga nisbatan adsorbtsion faolligi tarkibi dastlabki xomashyo tabiiyati va tuzilishiga bog‘liq. Termik ishlov berish harorati ortishi bilan benzolga nisbatan faolligi xar bir o‘rganilgan namuna uchun ortib borishi aniqlandi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Будницкий Г.А. Углеродные волокна и материалы на основе вискозных волокон / Г.А.Будницкий, В.С.Матвеев, М.Е.Казаков // Химические волокна. -1993. - №5. - С. 19- 22.

2. Bansal R.C. Activated carbon adsorption / R.C.Bansal, M.Goyal. – USA: Taylor & Francis Group. - 2005. – 520 p.

3. Беляев Е.Ю. Получение и применение древесных активированных углей в экологических целях // Химия растительного сырья. – 2000. - №2. - С. 5–15.

4. Белецкая М.Г. Синтез углеродных адсорбентов методом термохимической активации гидролизного лигнина с использованием гидроксида натрия / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Архангельск 2014. - С 153.

5. Кинле Х. Активные угли и их промышленное применение / Х.Кинле, Э.Бадер; Пер. с нем. Т. Б. Сергеевой – Л.: Химия. Ленинградское отделение, 1984. – 215 с.

6. Мухин В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов: учеб. пособие / В.М.Мухин, В.Н. Клушин // М.: Российский химико-технологический университет им. М.В.Менделеева, 2012. – 308 с

7. Халецкий А.В. Сорбция красящих веществ из растворов пектина активированным углем / А.В.Халецкий, В.В.Котов, А.Л.Лукин // Воронежский государственный аграрный университет имени К.Д.Глинки, Воронеж. - 2009. Т. 9. Вып. 2

8. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. - Л: Химия, 1992. – 168 с.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Juma M. Pyrolisis and combustion of scrap tire / M.Juma, Z.Koreňová, J.Markoš, J.Annus, Ľ.Jelemenský // Petroleum & Coal. – 2006. - 48(1). – p. 15-26.

15. 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.

16. Гордон Л.В. Технология и оборудование лесохимических производств Учебник для техникумов. 5-е изд., перераб. / Л.В. Гордон, С.О.Скворцов, В.И Лисов. — М.: Лесн. пром-сть. - М., 1998, 360с.

17. Кузнецов Б.Н. Актуальные направления химической переработки возобновляемой растительной биомассы / Б.Н.Кузнецов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. - №19. - С 77-85.

18. Патент №2352349 (РФ) A61K 36/185 Способ переработки коры березы / Левданский В.А., Левданский А.В., Кузнецов Б.Н. - 2008102252/15; заявлено 21.02.2008, опубл. 20.04.2009.

19. Патент №:2051096 C01B031/08 Способ получения активированного угля / Щипко М.Л., Янголов О.В., Кузнецов Б.Н. - 93034069/26; опубл. 27.12.1995 Б.И. №36

20. Кононов Г.Н. Термолиз лигносодержащего сырья / Г.Н.Кононов, Л.А.Мазитов, В.О.Климов // Научные труды Московского государственного университета леса. - 1994. - № 273. - С. 61-65.

21. Петров В.С. Технология сорбентов и других угольных материалов из отходов растительного происхождения / В.С.Петров, Ю.Я.Симкин, О.К.Крылова // Химия в интересах устойчивого развития, 1996. Т. 4. № 4-5. С. 389-394.

22. 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.

23. Д.А. Хандамов Модификацияланган монтмориллонитларда баъзи органик моддалар буғларининг адсорбцияланиш термодинамикаси: Кимё фанлари доктори (DSc) диссертацияси автореферати. Тошкент УНКИ 2019 68-б

24. О.К. Эргашев Наноструктурали молекуляр ғалвирда мезбон-меҳмон таъсирлашиши: Кимё фанлари доктори (DSc) диссертацияси автореферати. Тошкент УНКИ 2018 64-б

25. Пайғамов Р.А., Эшметов Р.Ж., Кулдашева Ш.А., Эшметов И.Д. Саноат оқава сувлари таркибдаги нефт маҳсулотларини ёғоч кўмирлари асосида тозалаш // «Бутун жаҳон атроф-муҳит муҳофазаси куни»га бағишланган «Жанубий оролбўйи табиий ресурсларидан оқилона фойдаланиш» VII Республика илмий-амалий конференцияси материаллари, Нукус-2018, 155-157 б.