ШОЛИМИКРОКРИСТАЛ ЦЕЛЛЮЛОЗАНИ МАКРО СТРУКТУРАСИ

М.М.Миробидов, В.К. Умарова, М.Т.Примқулов

Тошкент кимё технология институти

Abstract. Fiber Tester automatic analyzer, Mak-Ben-Bakra vacuum device (MBN) and JEOL-JAM-IT200LA electron microscopy (SEM) methods were used to study the macrostructure of microcrystalline cellulose (MCC) and aerogel samples synthesized from rice stems. The fractional composition of cellulose fibers by length and width was determined. The average fiber length is 0.2230 mm, the width is 0.1169 mm. The porosity of the aerogel is 96.3%. The micrograph was taken in an electron microscope. The porosity of the aerogel according to the adsorption isotherms of benzene vapor (non-polar) and water (polar) is 3.88 and 25.52 nm, respectively. It was found that the sorption of the polar molecule is 5 times higher than the sorption of non-polar benzene.

Key words: Rice microcrystalline cellulose, structure, macrostructure, degree of porosity, isothermal adsorption, fibers, fractional composition, aerogel, integral, differential.

Аннотация. Для исследования макроструктуры образцов микрокристаллической целлюлозы рисовой саломы (ШМКЦ) и аэрогеля, синтезированных из стеблей риса, использовались автоматический анализатор Fiber Tester, вакуумный прибор Mak-Ben-Bakra (MBN) и методы электронной микроскопии JEOL-JAM-IT200LA (SEM). Определен фракционный состав целлюлозных волокон по длине и ширине. Средняя длина волокон 0,2230 мм, ширина 0,1169 мм. Пористость аэрогеля составляет 96,3%. Микрофотография была сделана в электронном микроскопе. Пористость аэрогеля по изотермам адсорбции паров бензола (неполярная) и воды (полярная) составляет, соответственно 3,88 и 25,52 нм соответственно. Установлено, что сорбция полярной молекулы в 5 раз превышает сорбцию неполярного бензола.

Ключевые слова. Рисовая микрокристаллическая целлюлоза, макроструктура, степень пористости, изотермическая адсорбция, волокна, фракционный состав, аэрогель, интеграль, дифференциаль.

Аннотация. Шоли поядан синтез қилинган микрокристалл целлюлоза (ШМКЦ) ва аэрогель намуналарининг макроструктурасини ўрганишда Fiber Tester автоматик анализатори, Мак-Бен-Бакра (МБН) вакуум қурилмаси ва JEOL-JAM-IT200LA (СЕМ) электрон микроскопия методларидан фойдаланилди. Целлюлоза толаларини узунлиги ва эни бўйича фракцион таркиби аниқланди. Толаларнинг ўртача узунлиги 0,2230мм, эни 0,1169мм. Аэрогелни ғоваклик даражаси 96,3%. Электрон микроскопда микрофотоси

ISSN 3030-3907

олинди. Аэрогелнинг ғоваклиги бензол (қутбсиз) ва сув (қутбли) буғи адсорбция изотермаси бўйича ғовак радиуси, ўз навбатида, 3,88 ва 25,52 нм ни ташкил этади. Қутбли молекуланинг сорбцияси қутбсиз бензолникига нисбатан 5 марта катталиги аниқланди.

Калит сўзлар. Шоли микрокристаллик целлюлоза, макроструктура, ғоваклик даража, изотерма адсорбция, толалар, фракцион таркиб, аэрогель, интеграл, дифференциал.

Кириш. Республикамизда охирги йилларда маҳаллий хомашёлардан целлюлоза асосида композицион материаллар яратиш мақсадида кимё, фармацевтика, озиқ-овқат, қоғоз саноатида қўллаш *учун* илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Жумладан, қишлоқ ҳўжалик чиқиндиси ҳисобланган шолипояни қайта ишлаш устидаги илмий тадқиқотлар хозирги куннинг долзарб муаммоларидан. Чунки мамлакатимизда йилига 359,1 минг тонна гуруч етиштирилади [1]. Поясининг миқдори ҳам шу атрофда, лекин бу қишлоқ хўжалик чиқиндисидан саноатда қўлланилмайди.

Шолипоядан целлюлоза қисми ажратиб олинган уни қоғоз ишлаб чиқаришда тўлдирувчи ўрнида қўллашга уринишлар бўлган [2,3].

Шоли микрокристаллик целлюлозасини сульфат кислота водород пероксид аралашмасида синтез қилинади ва уларнинг асосида аэрогель олиниб макроструктурасидаги ўзгаришларни ўрганишдан иборат.

Тадқиқот мақсади. Шоли целлюлозасидан оксидлаш усулида шолимикрокристалцеллюлоза (ШМКЦ) синтез қилиш ва унинг асосида аэрогель олиб, макроструктурасидаги ўзгаришларни ўрганишдан иборат.

Тадқиқот объектлари ва усуллари. Тадқиқот объектлари - шоли целлюлозасидан сульфат кислота билан водород пероксид эритмалари аралашмасида гидролизлаб олинган шоли микрокристалл целлюлоза ва ундан олинган аэрогель, электрон микроскопия макроструктурасини аниқлаш. Ролл-22 лаборатория аппаратида намуналардан 3% ли толали суспензияни 55-60 °ШР даражасигача майдаланиб, қоғоз масса тайёрлаш. Қоғоз масса таркибидаги толаларнинг фракцион таркибини Fiber Tester автоматик приборида аниқлаш; Мак-Бен-Бакра вакуумда ғоваклигини аниқлаш.

Олинган натижаларни муҳокамаси. Шолимикрокристалл целлюлоза синтези ва муҳокамаси ва ундан аэрогель тайёрлаш [4,5] келтирилган методдан фойдаланилди.

Тадқиқод мақсади. Шоли целлюлозасидан оксидлаш усулида шоли микрокристаллик целлюлоза синтез қилиш ва унинг асосида аэрогель олиб, макроструктурасидаги ўзгаришларни ўрганишдан иборат.

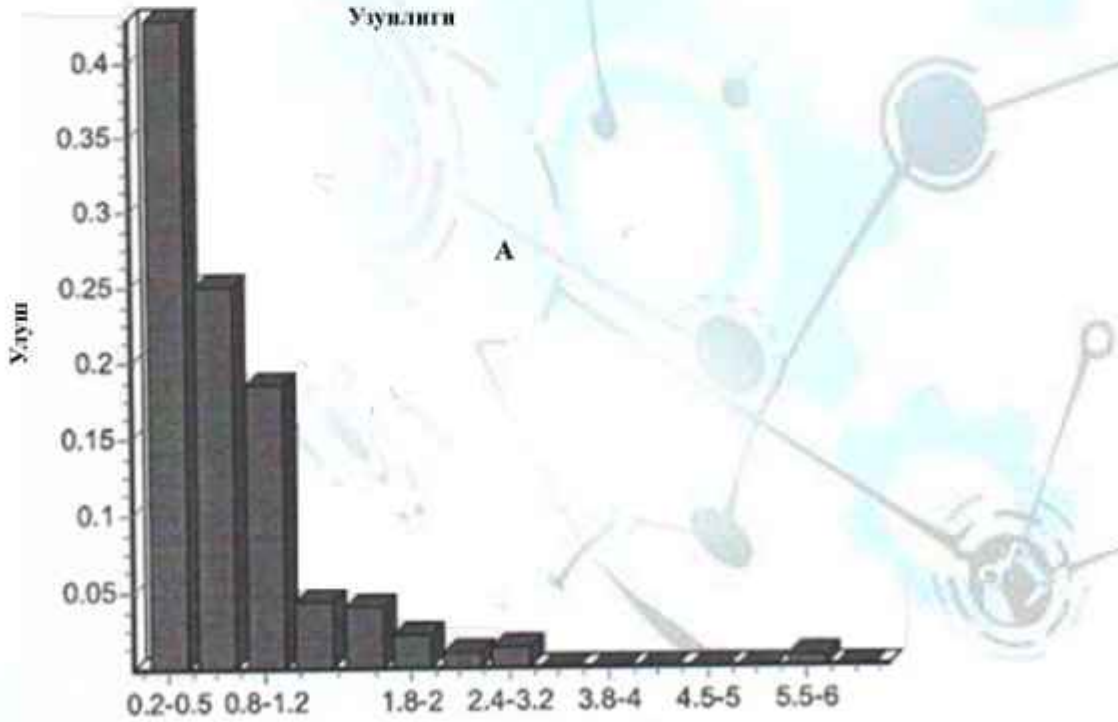
ISSN 3030-3907

Тажрибада шоли микрокристаллик целлюлоза синтез қилиш ва ундан аэрогель олиш. Уларнинг макроструктураси қуйидаги методлар ёрдамида ўрганилди.

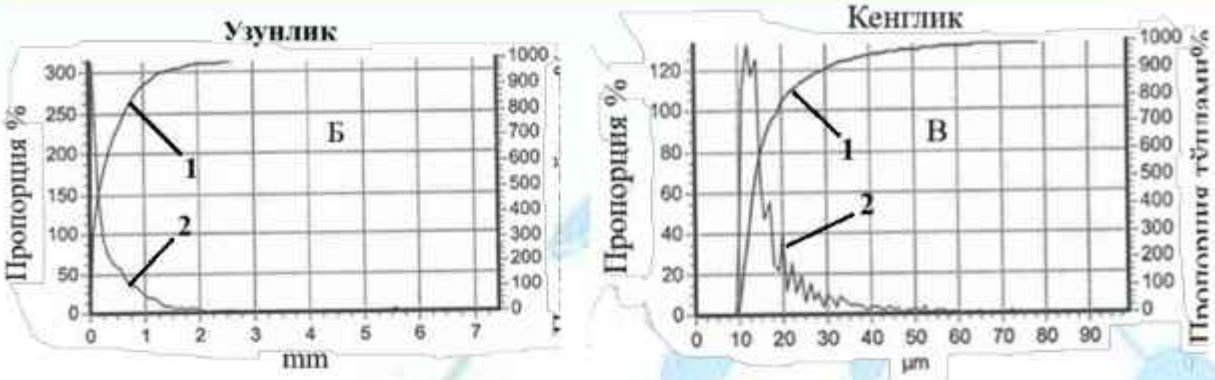
1.Файбер Тестер – толаларнинг структуравий морфологик характеристикаси

Fiber Tester автомат анализаторида ШЦ ва ШМКЦ суспензиясида (қоғоз масса) толаларининг ўртача узунлиги, эни ва уларнинг фракцион таркиби ҳамда шакл фактори аниқланди. Толаларнинг ўртача узунлигини ва энини аниқлаш принципи асосланган [2,4]: иккита пластинка орасида толалар икки ўлчамда эркин ҳаракатланишни аниқлашга, таъминлайди, ўч ўлчамда эмас. Пластинкаларнинг оралиғи жуда тор бўлганлиги сабабли толаларнинг яхши ореонтацияланиши таъминланади. Приборда ўрнатилган камера эса барча толаларни кўра олади.

Шоли целлюлоза толаларининг узунлиги бўйича фракцион таркиби келтирилган (1-расм ва 1-жадвалда). Fiber Tester аппарати 3562 дона толаларни ўртача узунлиги ва энини ўлчаб, компьютерда гистограмма ва чизиқларда узунлиги ва эни бўйича интеграл ва дифференциал эгри чизиқларини чизиб беради.



ISSN 3030-3907



1-расм. ***Қоғоз массасидаги толаларнинг ўлчамлари бўйича фракцион таркиби: А-узунлиги бўйича; Б-толаларнинг узунлиги бўйича интеграл (1) ва дифференциал (2) қисми; В-толаларнинг эни бўйича интеграл (1) ва дифференциал (2) қисми.***

Қоғоз масса таркибидаги толаларни узунлиги бўйича уч қисимга бўлинганда, яъни: 0,2-0,5; 0,8-1,2 мм қисми 0,055 дан 0,45; 1,8-2,0; 2,4-3,2 мм қисми 0,025-0,055 гача ва 3,8-4,0; 4,5-5,5; 6,0 мм қисми 0,025 улушни ташкил этади 1-расм, А.

Қоғоз ишлаб чиқаришда толаларнинг ўртача узунлиги 1,8-2,4мм қулай ҳисобланади, картон ишлаб чиқариш учун эса 3,8-5,5 мм, майда толалар қисми 33,4% - картон ишлаб чиқаришда тўлдирувчи ролини бажаради.

Целлюлоза толаларининг, Фибер Тестер аппаратида 3599 дона толаларни ўртача узунлиги-0.8422 мм; ени 0.1376 мм. Яъни, толаларнинг ўртача эни 6.12 марта калта.

1-жадвал

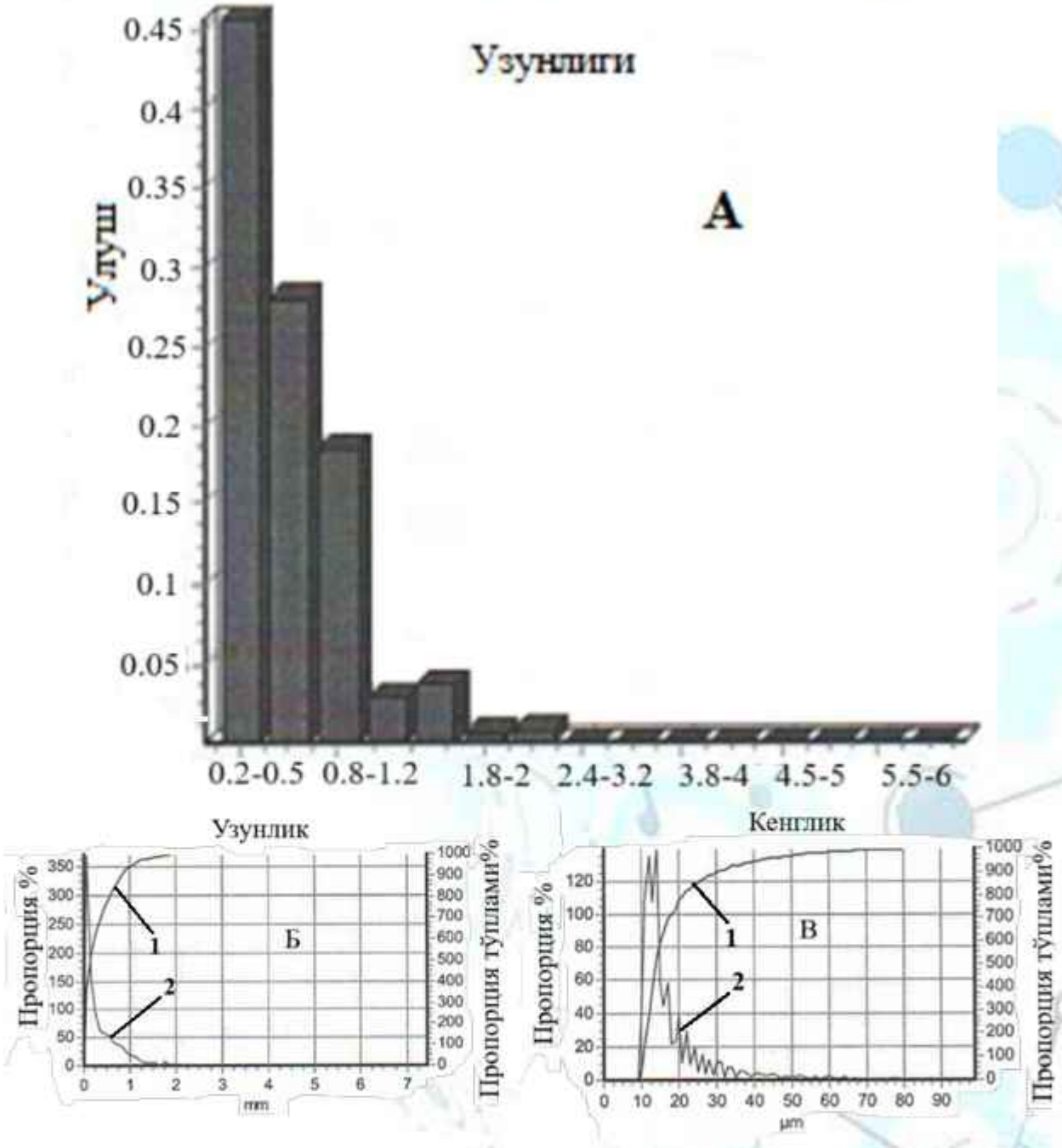
Целлюлоза толаларининг ўртача фракцион таркиби

mm / mμ	0.10 – 0.20	0.20 – 0.30		0.30 – 0.40	0.40 – 10.00
100-110	0.0	2.0		0.9	33.5
110-120	0.0	1.0		0.5	6.3
120-130	0.5	0.7		0.5	5.5
130-140	0.3	0.9		1.3	7.8
140-10000	3.0	3.3		0.0	32.1
mμ / 100%	**3.8**	**7.9**		**3.2**	**85.1**

1-жадвалда целлюлоза толаларинг ўртача фракцион таркиби 4 гуруҳга бўлгандаги (0,10-0,20; 0,2-0,3; 0,4-0,40; 0,40-10,00 мм) узунлиги ва 5-гуруҳга бўлингандаги эни бўйича фракцион таркиби келтирилган. Калта қисми 3,8%, узун қисми 85,1% ташкил этади.

ISSN 3030-3907

Fiber Tester автомат анализаторида ШМКЦ суспензиясида (қоғоз масса) толаларининг ўртача узунлиги, эни ва уларнинг фракцион таркиби 2-расм А, Б, В. ва 2-жадвалда келтирилган



2-расм. ***ШМКЦ толаларнинг ўлчамлари бўйича фракцион таркиби: А-узунлиги бўйича; Б-толаларнинг узунлиги бўйича интеграл (1) ва дифференциал (2) қисми; В-толаларнинг эни бўйича интеграл (1) ва дифференциал (2) қисми***

ISSN 3030-3907

2-жадвалда толаларнинг калта ва узун қисимлари мавжуд эмас, ўртача узунлик 0,20-0,30 ва 0,30-0,40 қисмлари, мос ҳолда 20,1 ва 30,9% ташкил этади.

2-жадвал

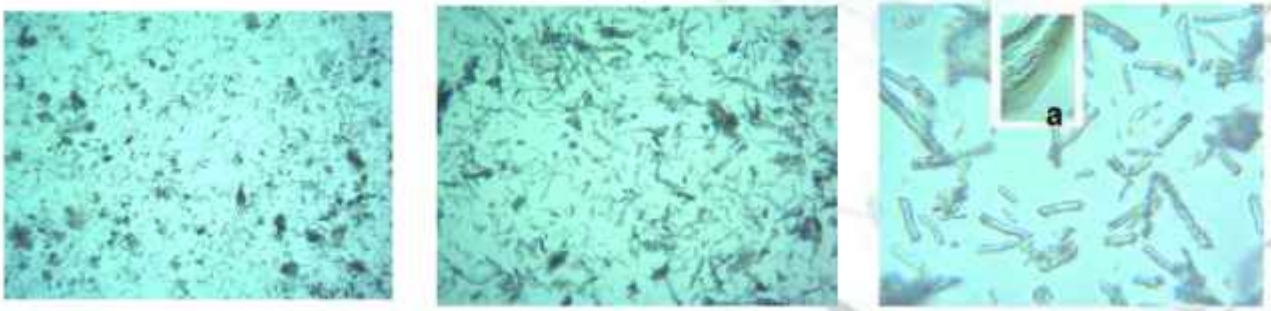
ШМКЦ толаларининг ўртача фракцион таркиби

mm / mμ	0.10 – 0.20	0.20 – 0.30	0.30 – 0.40	0.40 – 10.00
100-110	0.0	9.9	0.0	0.0
110-120	0.0	19.2	14.1	0.0
120-130	0.0	0.0	0.0	0.0
130-140	0.0	0.0	0.0	0.0
140-10000	0.0	0.0	16.8	0.0
mμ / 100%	**0**	**29.1**	**30.9**	**0**

Шоли микрокристал целлюлоза толаларини, Fiber Tester аппаратида 3562 дона толаларни ўртача узунлиги-0.2230 мм; эни 0.1169 мм (2-расм В). Яъни, толаларнинг ўртача эни 1.90 марта калта.

2.Оптик микроскопия

ШМКЦ толаларининг морфологияси оптик микроскопида 40 дан 400 гача катталаштирилиб ўрганилди. Уларнинг ўлчамлари ҳар хил (3-расм).

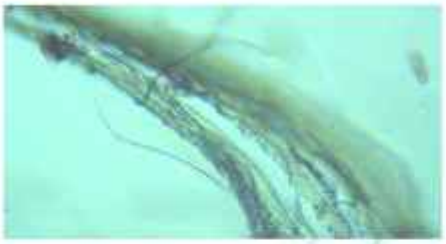


×40 марта x100 марта x400 марти

3-расм.*ШМКЦ толаларининг микроскопда 40-400 матрта катталаштирилган микрофотографияси.*

ISSN 3030-3907

Толаларини фибрилланганлигини 40 ва 100 марта катталаштирилганда кўринмайди, тўпланган толалар, турли узунликдаги толаларни кўриш мумкин. Қора рангдаги тўпланган толалар водород боғлар ҳисобигадир 400 марта катталаштирилганда баъзи бир толаларни фибрилланган қисми учрайди (3-расм *а* ва 4-расм).



4-расм. ***ШМКЦ толасини фибрилланган қисмини кўриниши.***

3. ШМКЦ аэрогель олиш ва хоссаларини ўрганиш

Аэрогеллар олиш — бу кўп босқичли жараён бўлиб, асосий матрица ҳосил қилиш, унинг ғоваклари эритувчи билан тўлган (гидрогель) ва ўта критик қуритишдан иборат. Аэрогель олишда А.М.Каталевич усулидан фойдаланилди [5,6].

Аэрогель материалини хоссаларини ўрганиш. Хоссалари қуйидаги усуллар билан характерланади: ҳажм зичлиги, ғовак (Ғ) лиги физик-кимёвий. ШМКЦ намунасидан олинган аэрогель намунасини ташқи кўриниши 5-расмда келтирилган.



5-расм. ***ШМКЦсидан синтез қилинган аэрогель кўриниши.***

Кўрсаткичлари: ШМКЦ масса таркиби 6%, боғловчи агент масса таркиби 8 %

Аэрогель ғоваклиги (Ғ)ни ҳисоблаш формуласи:

$$Ғ = (1 - \frac{p_{ҳажм}}{p_{ҳақ}}) \times 100\%,$$

бу ерда $p_{ҳажм}$ – ҳажм масса зичлиги, г/см^3; $p_{ҳақ}$ – целлюлоза толаларининг ҳақиқий зичлиги, г/см^3.

Ҳисоблаб аниқланган ғоваклик даражаси 2-жадвалда келтирилган. Ҳисоблаб топилган аэрогель намунанинг ғоваклиги жуда юқори – 96,3% ташкил этди.

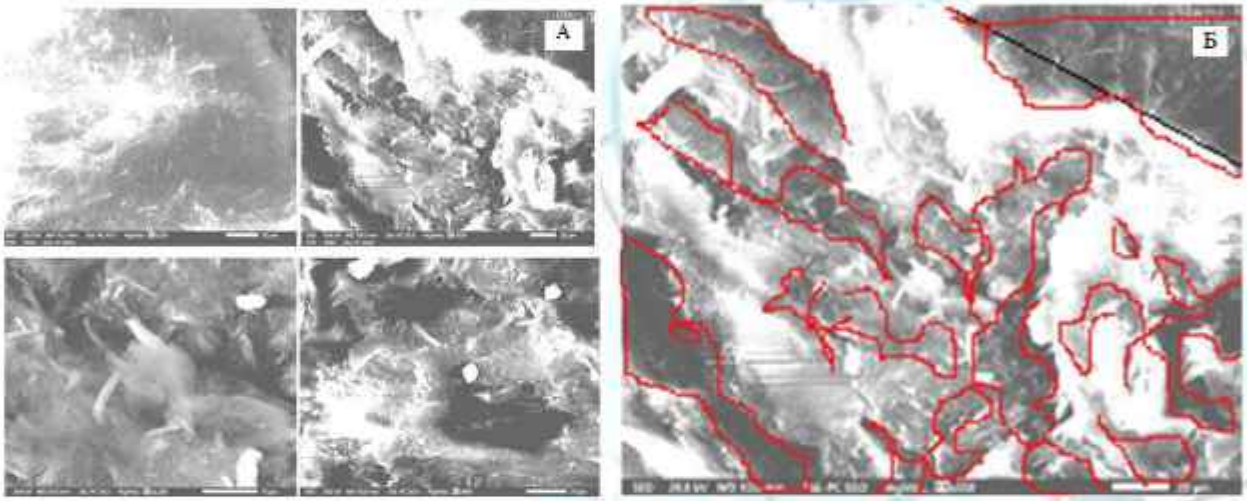
2-жадвал

ШМКЦ аэрогелининг ғоваклик даражаси

ISSN 3030-3907

Аэрогель ҳажм масса зичлиги,$р_{ҳажм}$, г/см^3	Соф целлюлоза зичлиги, $р_{ҳак}$, г/см^3	Ғоваклик (пористость) даражаси, Ғ, %
0,056	1,54	96,3

Электронная микроскопия. 5-расмда келтирилган аэрогель намунасини тузилиши (ғоавклик) JEOL JSM-IT200LA (CEM) маркали электрон микроскопда ўрганилди. Намунани синдириб, майда бўлаклари (фрагмент) микрофотографияси орқали ғовақлиги микро фотаграфияси (5-расм *а,б*) келтирилган. Оқ ранглилир – целлюлоза заррачалари, қорамтир ранглар – бўшлиқ (5-расм а). 6-расм *б* да чизмалар билан бўшлиқ қисмлар ажратиб қўйилган.



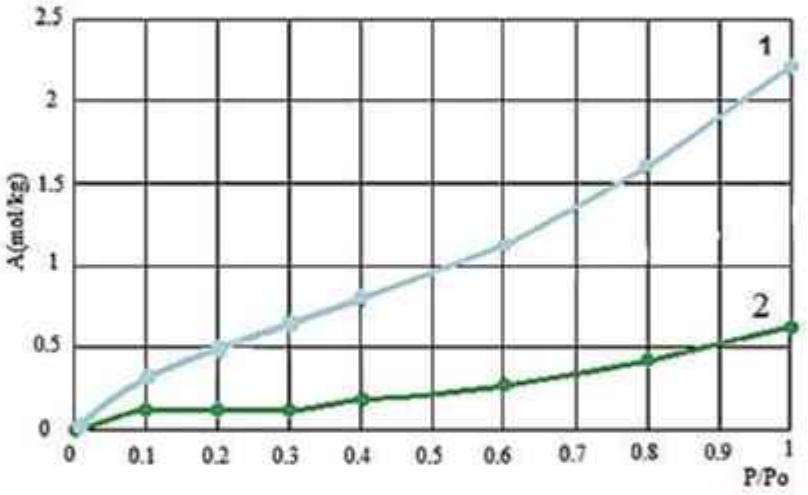
5-расм.*ШМКЦидан олинган аэрогелни СЕМ тадқиқот натижалари: А – турли жойларини кўриниши ёруғ қисмлари тола зарачалар, хира қисми – бўшлиқлар; Б – бўшлиқ қисмлари чизиқлар билан ажратилган.*

4.Адсорбция изотермик (Мак-Бен –Бакра)

Маълумки, адсорбция изотермаларини Мак-Бен-Бакра (тарозиси) вакуумли қурилмасида ўлчаш ғовакли сорбентларда буғни сорбцияланиш изотермаси тарозида тортиш усули билан аниқланди[7,8]. Тортиб олиш пружинали кварц юқори вакуумли қурилма – Мак-Бен-Бакра тарозисида олиб борилади. Усулнинг моҳияти шундаки, кварцли пружинага адсорбент солинган чашка осиб қўйилади, адсорбцияланиш натижасида спирал чўзилади, шунга қараб адсорбцияланган моддани миқдори аниқланади. Спирални чўзилиши (деформацияси) катетомер КМ-9 ёрдамида ~0,01мм аниқликда ўлчаб борилади. Адсорбент намунаси - ШМКЦ дан 1,0 г аналитик тарозида тортиб олиниб, - ВН – 461М маркали форвакуумли ва диффузион насослар ёрдамида, қолдиқ босим 1,33 · 10^3 Па бўлгунча вакуум ҳосил

ISSN 3030-3907

қилинди. Тизимдаги босим ВИТ – 2 маркали термовакуумметр ёрдамида назорат қилинди. Форвакуумли ва диффузион насослар адсорбция курилмасида $1\text{-}10^{-5}$ мм.с.уст. бўлгунча вакуум ҳосил қилинди. Ўрганиш учун тайёрланган намуна агат ҳавончада кукун ҳолатигача майдаланиб, яхшилаб аралаштирилгандан сўнг 1,0 г миқдорда, тарозида тортиб олинади ва чашкага жойлаштирилади. Тизимдаги босим 6-8 соат вақт давомида вакуумланиб барқарорлаштирилади. Олинган намуна Мак – Бен – Бакра қурилмаси ёрдамида ўрганилди. Олинган натижалар 6,8-расмлардаги график ва 3,5-жадвалларда келтирилган. Олинган натижалардан шуни кўриш мумкинки, шоли целлюлоза ва ундан синтез қилинган ШМКЦ намуналарининг адсорбция изотермалари 0,4 p/p_s гача бир-бирига яқин, аммо ундан кейин нисбий босим p/p_s, 0,4 дан 1 етгангача моноқават сиғими ортиб боради ва p/p_s 1 дан сўнг улар орасидаги фарқ 1,4 дан 2,5 моль/кг фарқланишини кўриш мумкин (6-расм).



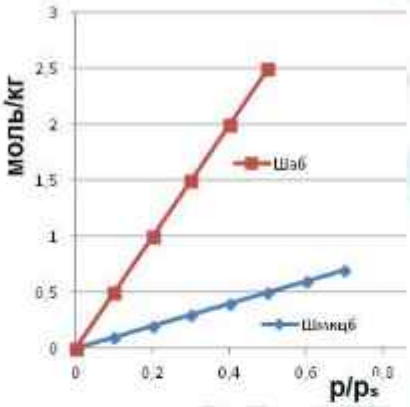
7-расм. ***Шоли целлюлозасидан олинган толаларининг адсорбция изотермаси:1 – ШМКЦ аэрогель; 2– ШМКЦ.***

Целлюлозали аэрогелда моноқават сиғими бир текисда ортиб, 0,7 моль/кг етади. Олинган намуналарни қутбли молекула ҳисобланган сув буғи бўйича ҳам адсорбцияси ўрганилди (7,8-расмлар ва 3-5-жадваллар). Қутбли молекуланинг сорбцияси қутбсиз молекуланикига нисбатан анча юқори. Олинган изотерма чизмалари БЭТ формуласи асосида ҳисобланди: Ҳисоб китоб натижаларига кўра адсорбентларнинг моноқават сиғими (a_m), солиштирма юзалари (S), тўйиниш адсорбцияси (V_s), микроғоваклар ҳажми (W_o), мезоғоваклар $W_{me} = V_s - W_o$ ва тўйиниш адсорбция ҳажмлари V_s аниқланди. Хисоблаш қуйдаги [9] БЭТ формула ёрдамида бажарилди:

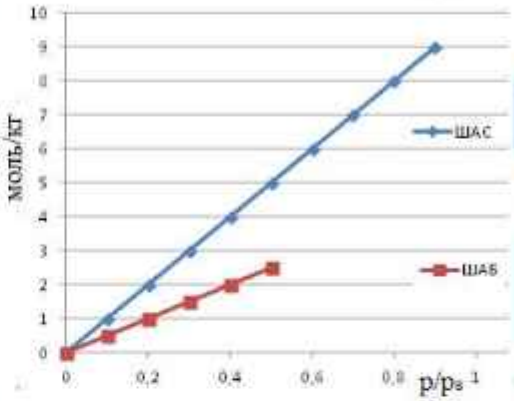
$$u = u_{mg}\varphi^{aok\varphi},$$

ISSN 3030-3907

бу ерда u – бир текс намлик миқдори; u_{mg} – тажриба ўтказилаётган шароитдаги температура гироскопик максимал намлик миқдори; φ – ҳавони нисбий намлиги; a_o ва к – бирликсиз коэффициент, капилляр-ғоваклик материални структура фаоллигини ва боғларини ўзгаришини характерловчи коэффициенти.



7-расм. *ШМКЦ аэрогели ва шоли ШМКЦ бензол буғини сорбциялаши.*



8-расм. *ШМКЦ аэрогелнинг сув буғини ва бензол буғини сорбциялаши.*

Натижалар қуйидаги 3,4-жадвалларда бензол ва сув буғларини изотермаси маълумотлари асосида сорбция-структура хоссаси ва ШМКЦ ва ШМКЦли аэрогель заррачалари адсорбенти ғоваклари ўлчамлари ҳақида маълумотлар келтирилган.

3-жадвал

ШМКЦсининг *бензол* ва *сув* буғи адсорбция

№	Номи	Бензол (қутбсиз)	Сув (қутбли)
		миқдори	миқдори
1	a_m, моноқават сиғими, моль/кг	0,093	1,439
2	S, солиштирма юза, $м^2/г$	22,49	93,59
3	W_o, микроғоваклар ҳажми, $W_o \cdot 10^3$, $м^3/кг$	0,0276447	0,0703352
4	V_s, тўйиниш ҳажми, $V_s \cdot 10^3$, $м^3/кг$	0,0551318	0,103446
5	W_{me}, мезағоваклар ҳажми, $W_{me} \cdot 10^3$, $м^3/кг$	0,03	0,03
6	Ғовак радиуси, Å (нм)	49,0 (0,49)	22,1(2,21)

4-жадвал

ШЦли аэрогелни *бензол* ва *сув* буғи адсорбцияси

ISSN 3030-3907

№	Номи	Бензол (қутбсиз) миқдори	Сув (қутбли) миқдори
1	a_m, моноқават сиғими, моль/кг	0,346	1,733
2	S, солиштирма юза, $м^2/г$	83,36	112,66
3	W_o, микроғоваклар ҳажми, $W_o \cdot 10^3$, $м^3/кг$	0,0972998	0,0910275
4	V_s, тўйиниш ҳажми, $V_s \cdot 10^3$, $м^3/кг$	0,16185	0,142218
5	W_{me}, мезоғоваклар ҳажми, $W_{me} \cdot 10^3$, $м^3/кг$	0,06	0,05
6	Ғовак радиуси, Å (нм)	38,8 (3,88)	25,2(2,52)

Олинган натижаларда бензол ва сув буғи адсорбцияси мезоғовакликлар ҳажми ривожланишини кўриш мумкин. Сув буғи бўйича тахлил натижалари шуни кўрсатдики, қутбли молекуланинг сорбцияси қутбсиз бензолникига нисбатан 5 баравар катта (4-жадвал). Солиштирма юзалари (S), тўйиниш адсорбцияси (V_s), микроғоваклар ҳажми (W_o), мезоғоваклар сони (W_{me}) озроқ ривожланганини кўриш мумкин.

5-жадвал

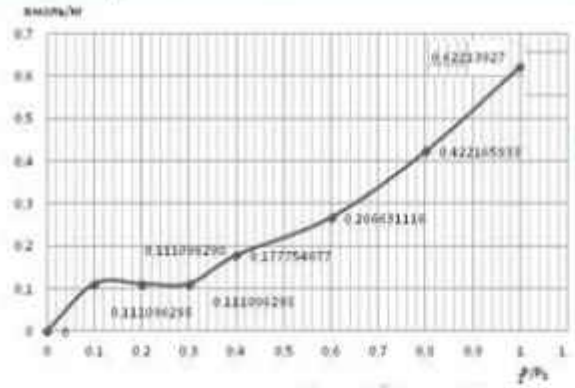
ШМКЦсининг *бензол* ва *сув* буғи адсорбция миқдори

№	Номи	Бензол (қутбсиз)	Сув (қутбли)
1	a_m, моноқават сиғими, моль/кг	0,093	1,439
2	S, солиштирма юза, $м^2/г$	22,49	93,59
3	W_o, микроғоваклар ҳажми, $W_o \cdot 10^3$, $м^3/кг$	0,0276447	0,0703352
4	V_s, тўйиниш ҳажми, $V_s \cdot 10^3$, $м^3/кг$	0,0551318	0,103446
5	W_{me}, мезоғоваклар ҳажми, $W_{me} \cdot 10^3$, $м^3/кг$	0,03	0,03
6	Ғовак радиуси, Å (нм)	49,0 (0,49)	22,1(2,21)

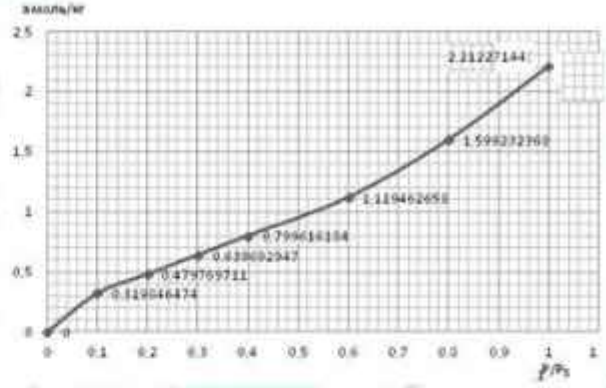
9-12-расмлардаги намуналарни бензол ва сув буғини сорбция изотермалари келтирилган. Бу расмлар (графиклар)да ҳам юқорида келтирилган қонуниятлар кўринади. Яъни, изотермалардан кўринадики, ШЦ, ШМКЦ ва целлюлозали аэрогеллар (ЦА)да (0,7 дан 2,5 моль/кг), қутбли модда сув эса 7-10 моль/кг гача сорбцияланади. Намуналарнинг ғоваклигини

ISSN 3030-3907

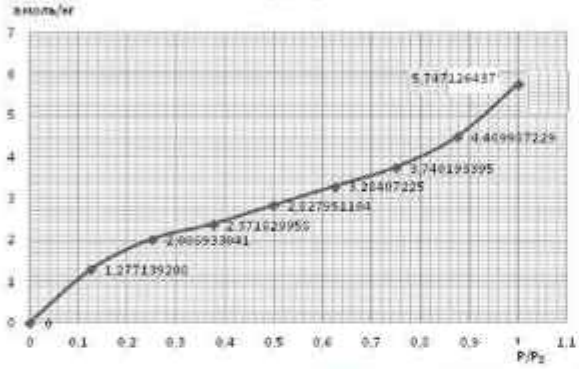
ортишидан ташқари сорбцияланувчи моддаларнинг қутблилигига ҳам боғлик бўлади.



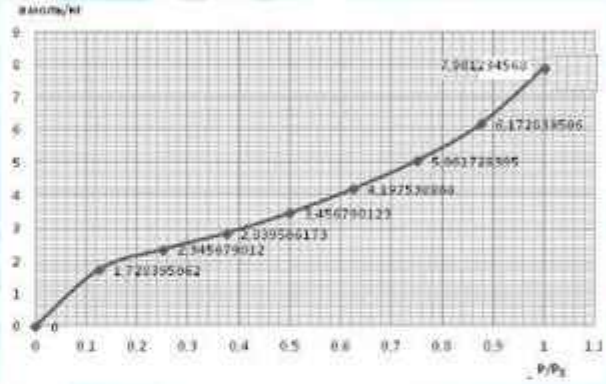
9-расм. ШМКЦсининг *бензол* буғи адсорбция изотермаси



10-**расм.** ШМКЦ аэрогелининг *бензол* буғи адсорбция изотермаси



11-расм. ШМКЦсининг ***сув*** буғи адсорбция изотермаси.



12-**расм.** ШМКЦ аэрогелининг *сув* буғи адсорбция изотермаси.

Намуналарнинг адсорбция изотермаларида мезоғоваклар хажми ривожланганлигини кўриш мумкин. Олинган изотерма чизмалари БЭТ формуласи асосида хисоб китоб натижаларига кўра адсорбентларнинг моноқават сиғими (α_m), солиштирма юзалари (S), тўйиниш адсорбцияси (α_s), микрофоваклар хажми W_0, мезофоваклар $W_{me}=V_s-W_o$ ва тўйиниш адсорбция хажмлари V_s аниқланди.

ХУЛОСА

1. Шоли целлюлозадан микрокристаллик целлюлоза синтез килинди. ШМКЦ Синтез 10% сульфат кислота эритмасини 10% водород пероксид эритмаси аралашмасида олиб борилди.

2. ШМКЦли аэрогель олинди.

3. ШЦ, ШМКЦ ва ШМКЦ дан олинган аэрогелларнинг макроструктураси толаларининг морфологик характеристикаси, толаларнинг ўлчамлари, ғоваклиги микроскопия ва уларнинг бензол ва сув буғи адсорбция изотермаси орқали характерланди.

ISSN 3030-3907

Адабиётлар

1. Статистических сборник Государственного комитета Республики Узбекистан по сстатистике. Ташкент. 2023г.

2. Гораздова В.В. Технологическое регулирование трещиностойкости целлюлозно-бумажных материалов, Диссертация на соискание учёной степени Кандидата технических наук. 142 стр. С. 43-45, «Определение структурно-морфологических характеристик волокна», Архангельс, 2019 г.

3. Базарнова Н.Г. Методы исследования древесины и ее производных: Учеб. пособие / Н.Г. Базарнова и др.: Под ред. Н.Г. Базарновой. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2002. – 160с.

4. 29. Yan L., Gao Z. Dissolving of cellulose in PEG/NaOH aqueous solution. Cellulose. 2008.V. 15(6). P. 789–796. https://doi.org/10.1007/s10570–008–9233–5.

5. Умарова В, Миробитов М, Хамдамова Д, Примкулов М. Илмий техника журнали. Фарғона политехника институти. 2024й. 28 том. N3. 139-146 бетлар.

6. Меньшутина, Н.В. Получение аэрогелей на основе диоксида кремния методом сверхкритической сушки / Н.В. Меньшутина, А.М. Каталевич, И. Смирнова // Сверхкритические флюиды: теория и практика. – 2013. – Т. 8, № 3. – С. 49-55

7. Nanocellulose Challenges and Opportunities: End User Perspectives / J. Miller // TAPPI, 2018. –75 pp.].

8. Котельникова Н.Е., Петропавловский Г.А., Погодина Т.Е. Исследование структуры и хроматографических свойств микрокристаллической целлюлозы, полученной из древесины березы //Химия древесины.1980. №6. С. 3-12.

9. Цимерманис Л. -Х.Б. Сорбция, структурообразование, массоперенос (термодинамика влажного тела). – М.: Алекс, 2006.

10. Dilnoza Xamdamova Vasila Umarova, Maxmut Primkulov Arslon Khusenov Study on the microcrystalline cellulose from medicinal plants. E3S Web of Conferences 434, 03038 (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343403038 ICECAE 2023.

11. Хамдамова Д.Ш., Умарова В.К., Примқулов М.Т. Получение микрокристаллической целлюлозы из лекарственных растений (amaranthus и silybum marianum). UNIVERSUM : Химия и биология 6 (96) 3 часть, Москва 2022, стр.43-49.

12. Хамдамова Д.Ш., Умарова В.К. Таджиева А.Дж. Примкулов М.Т.МКЦ асосида таблетка ишлаб чиқариш технологияси. Scholar Scientific Journal, 2023/22 august, pp.44-51.

ISSN 3030-3907