

**ПЛАСТИКАТ ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДАГИ ЯНГИ  
ПОЛИКОМПЛЕКСОННИНГ ҒОВАКЛИК ДАРАЖАСИ ВА СОРБЦИОН  
ХОССАЛАРИ**

**УРОВЕНЬ ПОРИСТОСТИ И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НОВОГО  
ПОЛИКОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО  
ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА**

**POROSITY LEVEL AND SORPTION PROPERTIES OF A NEW  
POLYCOMPLEX BASED ON PLASTIC POLYVINYL CHLORIDE**

<sup>1</sup>Хушвақтов Суюн Юсуп ўғли., <sup>2</sup>Файзуллаев Юсуф Сайфуллаевич.,  
<sup>3</sup>Жўраев Мурод Махмаражаб ўғли <sup>4</sup>Бекчанов Давронбек Жумазарович.,  
<sup>5</sup>Мухамедиев Мухтаржан Ганиевич.

*Хушвақтов Суюн Юсуп ўгли*

*Илмий ва методологик кимё кафедраси в.б. доц., PhD, Чирчик Давлат Педагогика  
Институтини 111700, Ўзбекистон, Ташкент, Чирчик, А.Темур, кучаси 104-уй*

*E-mail: [suyunkhushvaktov91@gmail.com](mailto:suyunkhushvaktov91@gmail.com)*

*Файзуллаев Юсуф Сайфуллаевич*

*Магистр, МирзоУлугбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университетини,  
100174, Ўзбекистон, Ташкент, Университет, кучаси, 4-уй*

*E-mail: [yusuffayzullayev@gmail.com](mailto:yusuffayzullayev@gmail.com)*

*Жўраев Мурод Махмаражаб ўгли*

*Илмий ва методологик кимё кафедраси мудири, в.б. доц., PhD, Чирчик Давлат Педагогика  
Институтини 111700, Ўзбекистон, Ташкент, Чирчик, А.Темур, кучаси 104-уй*

*E-mail: [murodjurayevkimyo@gmail.com](mailto:murodjurayevkimyo@gmail.com)*

*Бекчанов Давронбек Жумазарович*

*К.ф.д, МирзоУлугбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университетини,  
100174, Ўзбекистон, Ташкент, Университет, кучаси, 4-уй*

*E-mail: [bekchanov100987@mail.ru](mailto:bekchanov100987@mail.ru)*

*Мухамедиев Мухтаржан Ганиевич*

*К.ф.д, профессор, МирзоУлугбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университетини, 100174,  
Ўзбекистон, Ташкент, Университет, кучаси, 4-уй*

*E-mail: [mmukhamediev@mail.ru](mailto:mmukhamediev@mail.ru)*

**АННОТАЦИЯ**

Таркибида амина ва сульфогруҳлари тутган янги поликомплексоннинг ғоваклик ўлчами моноқават сифими ( $X_m, \text{г/г}$ ), солиштирма юзаси ( $S_{\text{sol}}, \text{м}^2/\text{г}$ ), микроғовак қиймати ( $W_0, \text{см}^3/\text{г}$ ), тўйиниш ҳажми ( $V_s$ ), мезоғовак қиймати ( $W_{\text{me}}$ ) ҳамда тешиқларнинг ғовак радиуси қийматлари аниқлаш мақсадида куйимолекуляр моддалар буғларини сорбцияси ўрганилди. Шунингдек амфолитга суний эритмалардан  $\text{Cu}^{2+}$  ионларининг ютулиш кинетикаси тадқиқ қилинди.

**АННОТАЦИЯ**

Пористость нового поликомплекса, содержащего амина- и сульфогруппы, определяется как емкость монослоя ( $X_m, \text{г/г}$ ), удельная поверхность ( $S_{\text{sol}}, \text{м}^2/\text{г}$ ), величина микропористости ( $W_0, \text{см}^3/\text{г}$ ), объем насыщения ( $V_s$ ), величина

мезопористости ( $W_{me}$ ) и сорбция паров низкомолекулярных веществ исследованы с целью определения значений радиуса пористости пор. Изучена также кинетика поглощения ионов  $Cu^{2+}$  из искусственных растворов амфолитом.

### ANNOTATION

The porosity of a new polycomplex containing amino and sulfo groups is defined as the capacity of a monolayer ( $X_{m,\Gamma/\Gamma}$ ), specific surface area ( $S_{sol}, m^2/\Gamma$ ), microporosity ( $W_0, cm^3/\Gamma$ ), saturation volume ( $V_s$ ), mesoporosity ( $W_{me}$ ) and the sorption of vapors of low molecular weight substances were investigated in order to determine the values of the pore radius of porosity. The kinetics of absorption of  $Cu^{2+}$  ions from artificial solutions by ampholyte has also been studied.

**Таянч сўз ва иборалар:** поливинилхлорид пластикат, полиамфолит, сорбция, ионит, мис иони, кинетика, ғоваклик даражаси, солиштирма юза.

**Ключевые слова и выражения:** поливинилхлоридный пластикат, полиамфолит, сорбция, ион меди, кинетика, степень пористость, удельная поверхность.

**Keywords and word expressions:** polyvinylchloride plastic compound, polyampholyte, sorption, cuprum ion, kinetics, degree of porosity, specific surface area.

### Кириш

Бизга маълумки бутун дунёда аҳоли сони жадал суръатларда ортиб бормоқда. Аҳоли сонининг кескин ортиши йирик саноат корхоналарига бўлган талабни ҳам ортишига сабаб бўлади. Инсонлар эҳтиёжларини қондириш ва аҳолини сифатли маҳсулотлар билан таъминлаш мақсадида турли юналишдаги йирик саноат корхоналари сони охириги ўнйилликда кескин даражада ортди [1]. Бундай йирик саноат корхоналарида жуда кўп миқдорда оқова сувлардан фойдаланилади. Кўплаб саноат корхоналаридаги оқова сувларда оғир металл ионлари миқдорини назорат қилиш экологиянинг долзарб вазифаларидан бири ҳисобланади [2]. Ифлосланган оқова сувлар таркиби анализ қилинади сўнг мос равишда турли хил моддалар ва ионлардан тозаланади. Атроф-муҳитни муҳофазаси учун оғир металл ионларининг оқова сувдаги рўхсат этилган энг кам миқдоригача тозалаш учун қўланиладиган усуллар мавжуд [3]. Одатда оқова сувлар таркибидан металл ионларини ажратиш олишда тескари осмос, нанофилтрация, электродиализ, оксидланиш-қайтарилиш, чўктириш, бўғлатиш каби анаънавий усуллардан фойдаланилади, лекин бу усуллар кўп энергия талаб қилади ва катта миқдордаги чиқиндилар ҳосил қилади [4]. Ҳозирда қўлланилаётган концентрациялаш усуллари ўзининг экспресслиги, танлаб олиниши ва оддийлиги билан ажралиб туриши керак. Сўнгги йилларда саноат корхоналарида ҳамда гидрометаллургияда эритма таркибидаги рангли ва қимматбаҳо металл ионларини ажратиш олишда, сувларни тузсизлантиришда ва оқова сувларини захарли ионлардан тозалаш учун энг кенг қўлланиладиган,

иктисодий жиҳатдан арзон ва самарали бўлган усул ионитлар иштирокида ионалмашиниш усулидир [5]. Шунингдек саноат миқёсида ишлатиладиган ионалмашинувчи материалларга қўйиладиган талаблар жуда ҳам кўп. Булар қаторида турли хил агрессив муҳитларда (кислота, асосли) чидамлилиги, статик алмашинув қобилияти яхши бўлиши, ғоваклик даражасининг юқорилиги ҳамда сорбцион хоссалари муҳим аҳамият касб этади. Айниқса ионалмашинувчи материалларнинг ғоваклик даражаси ва сорбцион қобилияти энг муҳум асосий кўрсаткичлардан бири ҳисобланади [6]. Шунинг учун саноат миқёсида синтез қилинган ионалмашинувчи сорбентларнинг ғоваклик ўлчамлари сорбцион, сумобли порометирия, электронмикроскопия, оптик микроскопия, ренттгенграфия усуллари ёрдамида аниқланиб борилади. Бугунги кунда энг кенг тарқалган усуллардан бири сорбцион усул бўлиб, қуйимолекуляр суюқлик буғнинг турли хил босимларда сорбент томонидан ютилган миқдорини аниқлашга, сорбция ва десорбция изотермаларини тузиб, улар асосида  $S_{\text{сол}}, W_0, \bar{r}_{\text{ўр}}$  ларни ҳамда тақсимланиш дифференциал эгриларини (ТДЭ) ҳисоблашга асосланган. Сорбцияланган буғ миқдорини спиралли жуда сезгир тарозлар (Мак-Беннинг тортиш усули) ёрдамида ёки аввалдан маълум, даражаланган ҳажмда (ҳажмий усул) буғнинг камайиши ўлчанади [7]. Сорбентларнинг ғоваклигига қараб сорбция изотермалари  $S$  – симон ёки  $\Gamma$  – симон эгрилар кўринишида бўлиши мумкин. Сорбция ва десорбция эгрилари мос келмаслиги мумкин, яъни сорбцион гистерезис ҳолида бўлади.

Сорбентнинг солиштирма сиртини ҳисоблаш натижаларида сорбция изотермаси  $S$ -симон кўринишда бўлса, сорбентларнинг солиштирма сирти  $S_{\text{сол}}$  Брунауэр, Эммет ва Теллер томонидан таклиф қилинган тенглама бўйича ҳисобланади (БЭТ усули): [8]

$$\frac{p_1 / p_1^0}{a(1 - p_1 / p_1^0)} = \frac{1}{Ca_m} + \frac{C-1}{Ca_m} \cdot \frac{p_1}{p_1^0}$$

Бунда:  $p_1$  – сорбатнинг сорбент устидаги буғнинг мувозанатли босими;

$p_1^0$  – ўша ҳароратда сорбатнинг тўйинган буғ босими;

$a$  – сорбиланган модда концентрацияси, ммоль/г;

$a_m$  – текис мономолекуляр қаватдаги модда концентрацияси, ммоль/г;

$C$  – доимий сон.

Ушбу мақолада таркибида амина ва сульфогурохлари тутган полиамфолитнинг ғоваклик даражаси қуйимолекуляр бирикмалар (бензол буғи) буғларини сорбиялаш орқали ўрганилди. Шунингдек полиамфолитга сунъий эритмалардан  $\text{Cu}^{2+}$  ионларини сорбция жараёнларининг механизмларига вақтнинг таъсири тадқиқ қилинди.

## Материаллар ва методлар

ПВХ асосида олинган полиамфолитга сунъий эритмалардан  $\text{Cu}^{2+}$  ионларининг сорбцияси ўрганилди. Бунинг учун  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  кристаллигидратидан фойдаланиб  $\text{Cu}^{2+}$  ионларининг 0,25; 0,125; 0,1; 0,075; 0,05; 0,025; 0,0125; 0,01 моль·л<sup>-1</sup> концентрацияли эритмалари тайёрланди ва тайёрланган сунъий эритмалардан металл ионларининг сорбция давомийлиги 1, 2, 4, 6, 8, 10 соатларда ўрганилди. Бунинг учун HCl бўйича статик алмашилиш сиғими 4,5 мг-экв г<sup>-1</sup>, NaOH бўйича 3,5 мг-экв г<sup>-1</sup> бўлган қуруқ сорбент 0,3 г дан аналитик тарозида ўлчаб олиниб, хажми 250 мл бўлган конуссимон колбаларга солинди ва 100 мл дан туз эритмалари қуйилди. Сорбциядан олдинги ва кейинги эритмалардаги металл ионларининг концентрация ўзгариши *Спектрофотометр (Mikroplanshet rider Perkin Elmer)* (АҚШ) ёрдамида аниқланди ( $\text{Cu}^{2+}$  учун 760 нм тўлқин узунликида) [9].

Сорбентга ютилган металл иони миқдори қуйидаги тенглама орқали ҳисоблаб чиқилган.

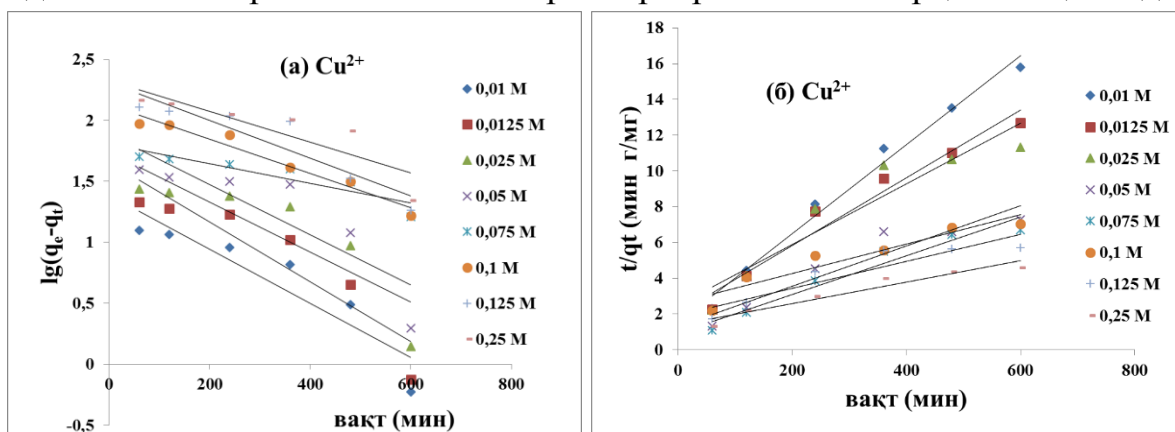
$$q_e = \frac{(C_0 - C_p)}{m} \times V$$

Бунда:  $q_e$  – ионитга ютилган металл иони миқдори моль/г,  $C_0$  – металл ионларининг дастлабки концентрация моль/л,  $C_p$  – металл ионларининг мувозанат концентрацияси моль/л;  $V$  – эритма ҳажми л;  $m$  – қуруқ сорбент массаси(г) [10, 11].

## Натижалар ва уларнинг таҳлили

### Полиамфолитнинг ғовақлик ва сорбцион хоссаларини ўрганиш

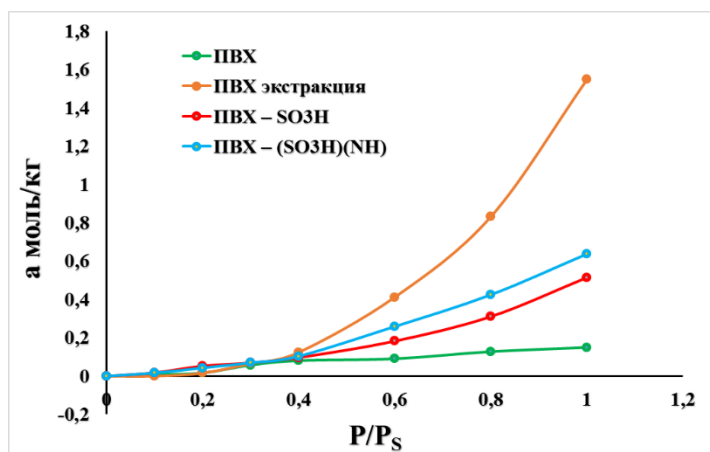
Тажрибада ҳисобланган  $\text{Cu}^{2+}$  ионларининг ПВХ асосидаги полиамфолитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси 1 - расмда,  $\log(q_e - q_t)$  ва  $t$  вақтга нисбатан тузилган графикдан псевдо биринчи тартибли кинетик параметрларини топиш орқали ҳисобланди. Шунингдек  $\text{Cu}^{2+}$  ионларининг полиамфолитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси  $t/q_e$  ва  $t$  вақтга нисбатан тузилган графикдан псевдо иккинчи тартибли кинетик параметрларини топиш орқали баҳоланди.



**1 - расм. ПВХ асосидаги полиамфолитга  $\text{Cu}^{2+}$  ионлари сорбциясининг псевдо-биринчи (а) ва псевдо-иккинчи (б) тартибли кинетик модели.**

ПВХ асосидаги полиамфолитга  $\text{Cu}^{2+}$  ионларининг сорбцияланиш жараёни кинетикаси юқорида келтирилган 1 - расмдан фойдаланиб топилган тезлик константалари ( $k_1$  ва  $k_2$ ) ва корреляция коэффициентлари ҳисоблаб топилди.

Саноат миқёсида ишлатиладиган ионалмашинувчи материалларнинг ғоваклиги миқдорий жиҳатдан қатор параметрлар: моноқават сифими ( $X_m, \text{г/г}$ ), солиштирма юзаси ( $S_{\text{sol}}, \text{м}^2/\text{г}$ ), микроғовак қиймати ( $W_0, \text{см}^3/\text{г}$ ), тўйиниш ғажми ( $V_s$ ), мезоғовак қиймати ( $W_{\text{ме}}$ ) ҳамда полимерларнинг ғовак радиуси қийматлари ( $r_k, A_0$ ) ёрдамида тавсифланади. Айти ишда полимерларга бензол буғларини ҳар хил босимда сорбция қийматларини ҳисоблаш усулидан фойдаланилди. Сорбцияланган буғ миқдорини спиралли жуда сезгир тарозлар (Мак Беннинг тортиш усули) ёрдамида ҳамда аввалги маълум даражаланган ҳажмда (ҳажмий усул) буғнинг камайиши ўлчанди. Олинган натижалар қуйида берилган график усулларда аниқланди.



**2 – расм. Бензол буғининг ПВХ, ПВХ – SO<sub>3</sub>H, ПВХ – (SO<sub>3</sub>H)(NH)ларга сорбцияси**

Ушбу 2 – расмда ПВХ ҳамда ПВХ асосидаги ионитлар учун бензол буғининг сорбция изотермасига асосланиб Брунауэр, Эммет, Теллер томонидан таклиф қилган тенлама ёрдамида полимер материаллар ғоваклар параметрлари ҳисоблаб топилган (БЭТ усули). Олинган натижалар асосида барча намуналарнинг ғоваклик даражаси қийматларини 1 – жадвалда келтирилган.

**1 - жадвал**

**Полимер намуналарнинг капилляр ғоваклик тузилиши ва уларнинг сорбцион хоссалари**

| Намуналар         | № 1<br>ПВХ | № 2<br>Экстракция<br>қилинган<br>ПВХ | № 3<br>ПВХ – SO <sub>3</sub> H | № 4<br>ПВХ – (SO <sub>3</sub> H) (NH) |
|-------------------|------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| $X_m, \text{г/г}$ | 0,031      | 0,041                                | 0,0470                         | 0,048                                 |

|                                |       |       |        |        |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| $S_{sol}, \text{м}^2/\text{г}$ | 7,530 | 9,860 | 11,390 | 11,56  |
| $W_0, \text{см}^3/\text{г}$    | 0,013 | 0,033 | 0,0132 | 0,012  |
| $V_s$                          | 0,017 | 0,147 | 0,0146 | 0,016  |
| $W_{me}$                       | 0,001 | 0,100 | 0,0090 | 0,0099 |
| $r_k, A_0$                     | 44,80 | 278,3 | 25,700 | 27,000 |
| $r_k, \text{нм}$               | 4,480 | 27,83 | 2,5700 | 2,7000 |

Юқорида келтирилган 1 – жадвалдаги маълумотларга асосланиб шундай хулоса қилиш мумкинки ПВХ дан ПВХ асосида олинган полимер материаллар (ПВХ, Экстракцияланган ПВХ, ПВХ асосидаги сульфокатионит, ПВХ асосидаги полиамфолит) нинг ғоваклик ўлчами моноқават сифими ( $X_m, \text{г}/\text{г}$ ), солиштирма юзаси ( $S_{sol}, \text{м}^2/\text{г}$ ), микроғовак қиймати ( $W_0, \text{см}^3/\text{г}$ ), тўйиниш ҳажми ( $V_s$ ), мезоғовак қиймати ( $W_{me}$ ) ҳамда тешикларнинг ғовак радиуси қийматлари ( $r_k, A_0$ ) мос равишда ўзгариб бормоқда. Шунингдек полимер материалларда солиштирма юза ( $S_{sol}, \text{м}^2/\text{г}$ ) мос равишда ПВХ 7,53  $\text{м}^2/\text{г}$ , ПВХ экстракция 9,86  $\text{м}^2/\text{г}$ , ПВХ – ( $\text{SO}_3\text{H}$ ) 11,39  $\text{м}^2/\text{г}$  ва ПВХ – ( $\text{SO}_3\text{H}$ ) (NH) 11,56  $\text{м}^2/\text{г}$  га тенг бундан кўриниши ПВХ ни модификациялаш натижасида дастлабги полимерда мавжуд макроғоваклар модификациялаб тикилиш натижасида микро ўлчамли ғовакларга эга бўлиши орқали олинган полиамфолит таркибидаги ғоваклар солиштирма юзаси дастлабги полимерга нисбатан ошганини кўрсатади. Бу эса таркибида амина ва сульфогурuhlари тутган полиамфолит саноат миқёсида оқова сувлар таркибидан турли оралик металл ионларини ажратиб олиш учун самарали қўллаш имконини беради.

### Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Зейналов Р.З., Татаева С.Д., Атаева Н.И. Концентрирование и определение меди, цинка и кадмия хелатообразующим модифицированным сорбентом // Аналитика и контроль. 2013. Т. 17. № 1. С. 89–96.
2. Золотов Ю.А., Цизин Г.И., Дмитриенко С.Г., Моросанова Е.И. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов из растворов. Применение в неорганическом анализе. – М.: Наука, 2010. 564 с.
3. Castro L., Blázquez M. L., González F., Muñoz J.A., Ballester A. Heavy metal adsorption using biogenic iron compounds. Hydrometallurgy, 2018. Vol.179, P. 44-51.
4. Басаргин Н.Н., Оскотская Э.Р., Чеброва А.В. Сорбция цинка полимерными хелатообразующими сорбентами и ее применение в анализе природных вод / Розовский // Журн. аналит. химии. 2008. Т. 63. № 3. С. 231–236.
5. Mukhamediev M.G., Bekchanov D.Z. New Anion Exchanger Based on Polyvinyl Chloride and Its Application in Industrial Water Treatment. RussJ Appl Chem 92, 1499–1505 (2019). <https://doi.org/10.1134/S1070427219110053>.
6. Aimukhanov A.K., Rozhkova X.S., Ilyassov B.R., Zeinidenov A.K., Nuraje N. The influence of structural and charge transport properties of PEDOT:PSS layers on

the photovoltaic properties of polymersolar cells. *Polym Adv Technol.* 2020; 1–8.  
<https://doi.org/10.1002/pat.5102>.

7. Clifford D.A. Ion Exchange and Inorganic Adsorption. *Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies* (5th ed.), American Water Works Association, McGraw-Hill, New York, 2016.

8. Бобоев Т.М., Рахимов Ҳ.Р. “Физикавий ва каллоид кимё”, Тошкент-2004. 501-саҳифа.

9. Rengaraj S., Yeon J.W., Kim Y., Yongju J., Ha Y.-K., Kim W.-H: Adsorption characteristics of Cu(II) onto ion exchange resins 252H and 1500H: Kinetics, isotherms and error analysis, *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 143(1–2), 469-477;

10. Bogdan Bandrabur, Ramona-Elena Tataru-Fărnuș, Liliana Lazăr, Laura Bulgariu, Gheorghe Gutt. Use of strong acid resin Purolite C100E Forremoving permanent hardness of water – factors affecting cationic exchange capacity *Scientific Study & Research.* 2012, 13 (3), pp 295 – 304.

11. Хушвақтов С.Ю., Жўраев М.М., Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г. Поливинилхлорид асосидаги азот ва олтингугурт тутган поликомплексонга оралиқ металл ионларининг сорбцияси. *О’zbekiston kimyo jurnali*, 2020, №4, 36-45 б. (02.00.00., №6).