

ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДАГИ ПОЛИАМФОЛИТГА МИС (II) ВА НИКЕЛ (II) ИОНЛАРИНИНГ СОРБЦИЯСИНИНГ ПСЕВДО-БИРИНЧИ ВА ПСЕВДО-ИККИНЧИ ТАРТИБЛИ КИНЕТИК МОДЕЛЛАРИ

Суён Юсуп угли Хушвактов

PhD, Чирчик давлат педагогика университети

E-mail: suyunkhushvaktov91@gmail.com

Мурод Махмаражаб угли Жураев

PhD, Чирчик давлат педагогика университети

E-mail: murodjurayevkimyo@gmail.com

Даврон Абдисаматович Эштурсунов

Ўқитувчи, Чирчик давлат педагогика университети

E-mail: eshtursunovd@gmail.ru

АННОТАЦИЯ

Поливинилхлорид асосидаги янги полиамфолитга суний эритмалардан Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионларининг ютулиш қонуниятлари тадқиқ қилинди. Тадқиқот натижалари асосида металл ионларининг полиамфолитга сорбциясини псевдо-биринчи ва псевдо-иккинчи тартибли кинетик моделлар ўрганилди. Олинган кинетик параметрлар жараённинг псевдо-иккинчи тартибли моделга бўйсунуши ҳамда, поливинилхлорид асосидаги полиамфолитга Cu^{2+} ионлари Ni^{2+} ионларидан кўпроқ сорбцияланиши аниқланди.

Калит сўзлар: поливинилхлорид пластикат, полиамфолит, сорбция, ионит, мис ва никел иони, кинетика, псевдо биринчи ва иккинчи кинетик модел.

PSEVDO-FIRST AND PSEVDO-SECOND ORDER KINETIC MODELS OF SORPTION OF COPPER (II) AND NICKEL (II) IONS IN POLYAMPHOLITE BASED ON POLYVINYL CHLORIDE

ABSTRACT

The regularities of the absorption of Cu^{2+} and Ni^{2+} ions from artificial solutions based on polyvinyl chloride containing amino and sulfur groups have been studied. Based on the results of the study, blue pseudo-first and pseudo-random kinetic models of sorption of metal ions by polyampholyte were studied. Obtained kinetic parameters of the system conformed to the pseudo-second order model. In rare cases, it was found that

Cu²⁺ ions from polyvinyl chloride polyampholyte polyampholyte receive proabsorption from Ni²⁺ ions.

Keywords: PVC compound, polyampholyte, sorption, ion exchanger, nickel and copper ions, kinetics, pseudo-first and pseudo-second kinetic model.

КИРИШ

Бугунги кунда саноат корхоналаридан чиқаётган оқова сувлар таркибидаги оғир ва захарли бўлган металл ионларини ажратиш олишнинг аънавий усуллари иқтисодий жихатдан қимматлиги ҳақида ҳавотирлар пайдо бўла бошлади. Шунингдек гидрометаллургия усулида металлларни ажратиш олиш давомида ҳосил булган технологик эритмалар таркибида мис, никел, кўрғошин, симоб каби рангли ва оғир металл ионлари мавжуд бўлиб [1]. Кўпгина саноат тармоқларидан чиқадиган оқова сувлар таркибида турли хил оғир металлларнинг деярли барчасини учратиш мумкин [2]. Айниқса Co²⁺, Cr³⁺, Cu²⁺, Ni²⁺, Pb²⁺, Zn²⁺ каби ионларнинг сувдаги концентрацияларининг ортиши атроф муҳитга зарарли таъсирини кўрсатиб келмоқда [3, 4].

Кўплаб саноат корхоналарида оқова сувлар таркибидаги оғир металл ионлари миқдорини назорат қилиш, ҳозирги кунда экологиянинг долзарб вазифаларидан бири бўлиб ҳисобланади [5]. Ифлосланган оқова сувлар таркиби анализ қилингандан сўнг мос равишда турли хил кимёвий моддалар ва ионлардан тозаланади. Юқори ишлаб чиқариш жараёни таъсирида ифлосланган оқова сувларини табиатга чиқариш, бундай ҳолатда турли хил экологик муаммоларни келтириб чиқаришга олиб келади, бунинг олдини олиш учун оқова сувларини захарли ва оғир метал ионларидан тозалаш талаб қилинади [6]. Бу каби ижтимоий ва экологик муаммони ҳал қилиш учун яъни сувда эриган металл ионларини ажратиш олишда бир қанча усуллари мавжуд. Металл ионларини эритмаларидан ажратиш олишда тескари осмос, электродиализ, биокимёвий усул, чўктириш каби аънавий усуллар кўп энергия талаб қилади ва катта миқдордаги чиқиндиларни ҳосил қилади. Сўнгги йилларда гидрометаллургияда эритма таркибидаги металл ионларини ажратиш олишда, сувларни тузсизлантиришда ва оқова сувларини захарли ионлардан тозалаш учун энг кенг қўлланиладиган, иқтисодий жихатдан арзон ва самарали бўлган усуллардан бири ионитлар ёрдамида ион алмашилиш усулида чўктириш ҳисобланади.

Ион алмашинувчи материаллар бу турли сунъий ва технологик эритмалардан ионларини ажратиш оладиган ва ўзлари эримайдиган моддалардир. Технологик эритмалардан

тузни тозалаш вақтида сувнинг иккиламчи ифлосланиши билан боғлиқ кўплаб муаммоларни самарали ҳал қилишда энг кўп ишлатиладиган ионитлардан АБ - 17-8 анионитининг физик – кимёвий хусусиятлари аниқланган. Бу турдаги анионитлар стирол ва 8% дивинилбензол асосида олинган [7]. Шунингдек ПВХ ни аминлаш реакциялари Япония олимлари томонидан ҳам амалга оширилган [8]. Айни ишда ПВХ ни этилендиамин (ЭДА)нинг турли хил концентрацияларида аминлаш реакциялари келтирилган. Натижада таркибида аминогуруҳлари тутган ионалмашинувчи полимер материаллар олинган.

Эронлик олим Аҳмед бошчилигидаги бир қатор олимлар томонидан поливинилхлоридни суёқ аммиак билан босим остида, 100-140К ҳароратда диоксан ёки диметилформаид ва дихлорэтан ҳамда метанол муҳитида аминланиши натижасида мустақамлиги юқори бўлган полимер олинган (азот миқдори 1% дан 9% гача) [9]. Полиамфолитлар синфига тегишли бўлган комплекс ҳосил қилиш хоссасига эга бўлган ион алмашинувчи материаллар рангли металлларнинг технологик эритмаларини концентратциялаш учун кенг қўлланилади. Бу материаллар заҳарли моддаларни, ҳатто уларнинг концентрацияси жуда кичик бўлган ҳаво ва сувли муҳитдан юқори унум билан ажратиб олиш хусусиятига эга [10]. Комплекс ҳосил қилувчи полимерлар қаторига бир қатор оғир ва рангли металлларга нисбатан юқори сорбцион сиғим ва селективликка эга бўлган амино-сульфоли тўрсимон сополимерлар киради, бу полимерлар комплексининг полидентатлиги билан ҳам, амино ва сульфатли гуруҳлар иштироки билан комплекс ҳосил қилишда хелат эффекти билан ҳам боғланади [11]. Полиамфолитлар бир вақтнинг ўзида ҳам анион ҳам катион гуруҳлари тутган маълум бир ишорали зарядлар эритма рН қийматлари билан ишлай оладиган, катион ва анионларни алмашинувчи полимер моддалар. Қулай шароитда стерик жиҳатдан полианион ва поликатионларнинг иккала гуруҳларини аниқ белгилай оладиган полиамфолитнинг ички тузини ҳосил қиладиган формалари мавжуд. Полианионларнинг осмотик фаоллиги бироз паст бўлганлиги учун оз гидратланади ва бироз гидрофилланади. Баъзан ички туз ҳосил қилувчи формаси ионлар билан ўзаро аълоқа қилиб бироз нейтралланган полиэлектрولит комплексларни ҳосил қилади.

Турли хил ионоген гуруҳларнинг битта полимер зеносида ёки матричасида бўлишига қараб битта зеноли ва турли зеноли полиамфолитлар мавжуд. Полиамфолитлар ҳар қандай анион ва катион марказларини матрицанинг турли зеноларида жойлашган ионитларни ўз ичига олади [12].

Ион алмашинуви жараёнларини тавсифлаш учун кўплаб назариялар мавжуд [13, 14]. Кўп йиллар давомида турли хил ионалмашинувчи реакцияларнинг тезлик константаларини моделлаштиришда Лагергрэн тенгламаси ва бошқалар асосан кинетик таҳлил жараённинг ўзгаришларига эътибор қаратдилар [15, 16, 17].

Ушбу мақолада сунъий эритмалардан рангли металл ионларини ажратиш олишда ПВХ асосида олинган таркибида амина ва сульфогруҳлари тутган полиамфолитдан фойдаланилди. Бунда полиамфолитга Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионларини сорбция жараёнларининг механизмларига турли омилларнинг таъсири ўрганилди.

МЕТОДОЛОГИЯ

ПВХ асосида олинган полиамфолитга сунъий эритмалардан Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионларининг сорбцияси ўрганилди. Бунинг учун $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ва $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ кристаллигидратларидан фойдаланиб Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионларининг 0,25; 0,125; 0,1; 0,075; 0,05; 0,025; 0,0125; 0,01 моль·л⁻¹ концентрацияли эритмалар тайёрланди ва тайёрланган сунъий эритмалардан металл ионларининг сорбция давомийлиги 1, 2, 4, 6, 8, 10 соатларда ўрганилди. Бунинг учун HCl бўйича статик алмашинувчи сифими 4,5 мг-экв г⁻¹, NaOH бўйича 3,5 мг-экв г⁻¹ бўлган қуруқ сорбент 0,3 г дан аналитик тарозида ўлчаб олиниб, ҳажми 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 (Cu^{2+} учун 760 нм, Ni^{2+} учун 720 нм тўлқин узунлигида) [18, 19].

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) [20, 21, 22].

Адсорбция кинетикасини ўрганиш

Маълумки сорбция жараёнларининг механизмлари (кимёвий реакция тезлиги, диффузияни бошқариш ва масса узатилишини) аниқлашда кинетик моделлардан

фойдаланилади. Сўнгги йилларда турли хил кинетик моделлар псевдо биринчи тартибли, псевдо иккинчи тартибли ва бошқа бир қанча усуллардан фойдаланилмоқда. Бунинг учун натрий гидроксид бўйича САС қиймати 3,5 мг-экв/г ва хлорид кислота бўйича САС қиймати 4,5 мг-экв/г гранулалар ўлчами 0,315-1,875 мм дан кам бўлмаган пластикат ПВХ асосида олинган таркибида амина ва сульфогурӯҳлари тутган полиамфолит ишлатилди.

Ушбу ишда қуйидаги кинетик моделлардан фойдаланилди

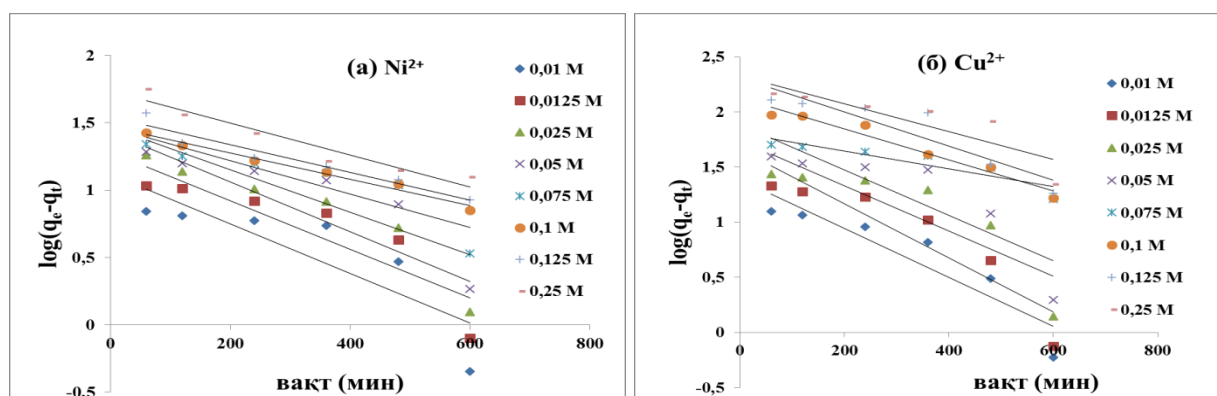
Псевдо-биринчи тартибли кинетик модель

Псевдо-биринчи тартибли кинетик модел қуйидаги Лагергрэн тенгламаси билан ифодаланади:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t$$

Бу тенгламада: q_t ва q_e маълум вақтдаги ва мувозанатдаги сорбентнинг металлари сорбциялаган миқдори (мг/г). k_1 -биринчи тартибли сорбция жараёни тезлик константаси (мин^{-1}) бўлиб, $\log(q_e - q_t)$ ва t вақтга нисбатан тузилган чизиқли графигида кесишиш қиялигининг бурчак қиймати - $k_1/2,303$ га тенг.

Тажирибада ҳисобланган Cu^{2+} ва Ni^{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 баҳоланди.



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

Шунингдек Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионларининг ПВХ асосидаги полиамфолитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси псевдо-иккинчи тартибли кинетик параметрларини топиш орқали баҳоланди.

Псевдо-иккинчи тартибли кинетик модель

Псевдо-иккинчи тартибли кинетик моделл қуйидаги тенглама билан ифодаланади [23].

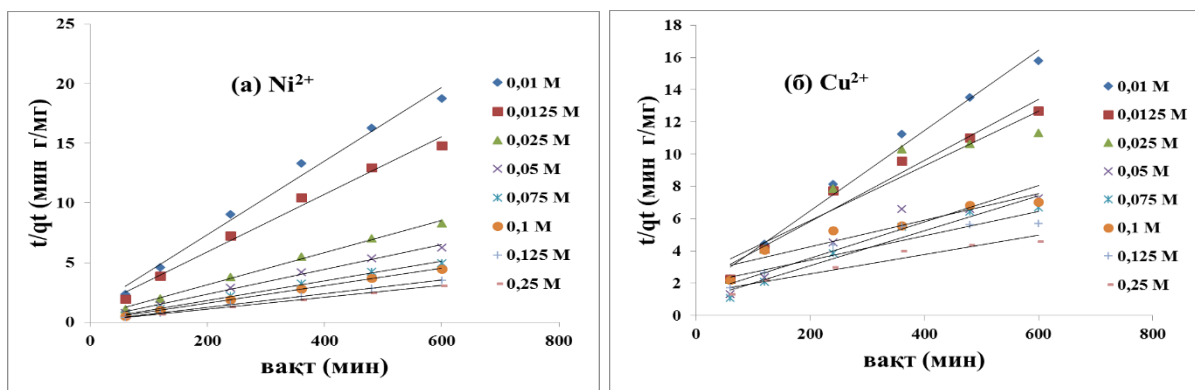
$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \left(\frac{1}{q_e}\right)t$$

Дастлабки сорбция даражаси ($t=0$) қуйидагича топилади:

$$h = k_2 q_e^2$$

Келтирилган тенгламаларда k_2 тезлик константаси, q_e – маълум массали сорбентга ютилган металл ионларининг миқдори (мг/г), t -вақт (минут).

Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионларининг ПВХ асосидаги полиамфолитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси 2 - расмда t/q_e ва t вақтга нисбатан тузилган графикдан псевдо иккинчи тартибли кинетик параметрларини топиш орқали баҳоланди.



2 - Расм. ПВХ асосидаги полиамфолитга Ni^{2+} (а) ва Cu^{2+} (б) ионлари сорбциясининг псевдо-иккинчи тартибли кинетик модели.

ПВХ асосидаги полиамфолитга Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионларининг сорбцияланиш жараёни кинетикаси юқорида келтирилган 1 ва 2 - расмлардан фойдаланиб топилган тезлик константалари (k_1 ва k_2) ва корреляция коэффициентлари (R^2) 1 - жадвалда келтирилган.

1 - жадвал.

ПВХ асосидаги полиамфолитга Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионлари сорбциясининг кинетик кўрсаткичлари ва фаолланиш энергияси.

Сорбент	Металлар	Дастлабки конс. (моль/л)	Псевдо-биринчи тартибли			Псевдо-иккинчи тартибли			E_a кЖ/моль	
			Мувозана т адсорбция миқдори q_e (мг г ⁻¹)	k_1 (мин ⁻¹)	R^2	Мувозана т адсорбция миқдори q_e (мг г ⁻¹)	k_2 (г мг ⁻¹ мин ⁻¹)	R^2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Полиамфолит	Ni^{2+}	0,010	32,45	0,00253	0,705		0,000786	0,986		
		0,0125	41,31	0,00241	0,777	33,33	6	0,000537	0,987	
		0,025	47,21	0,00233	0,868	41,67	8	0,000393	0,996	
		0,050	73,75	0,00233	0,791	76,92	9	0,000357	0,994	
		0,075	88,51	0,00233	0,811	100,0	1	0,000367		49,52
		0,100	97,35	0,00233	0,981	125,0	8	0,000385	0,999	
		0,125	144,5	0,00193	0,932	142,9	8	0,002840	0,999	
		0,250	159,3	0,00163	0,929	178,6	9	0,000221	0,999	
						200,0	2			
				Ўртача k_1 ва k_2		0,00222			0,0000736	
Полиамфолит	Cu^{2+}	0,010	38,59	0,00461	0,843	41,67	0,000377	0,985		
		0,0125	48,00	0,00461	0,838	55,56	0,000158	0,96		
		0,025	54,41	0,0023	0,744	58,82	0,000115	0,884		
		0,050	84,48	0,0023	0,745	90,91	0,000093	0,903		
		0,075	105,6	0,00461	0,822	117,7	0,000029	0,946		
		0,100	121,6	0,00231	0,957	175,4	0,000022	0,888	54,15	
		0,125	163,2	0,00231	0,843	212,7	0,000011	0,849		
		0,250	192,0	0,00231	0,749	263,2	0,000007	0,934		
				Ўртача k_1 ва k_2		0,01354			0,000010	

Мазкур олиб борилган кинетик тадқиқотларда пластикат ПВХ асосида олинган янги полиамфолитга сунъий эритмалардан Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионларини сорбцияси псевдо-биринчи псевдо-иккинчи тартибли кинетик моделларнинг тезлик константалари ҳисоблаб топилди. Тадқиқотларда кўринадикки ионларнинг полиамфолитга ютилиши псевдо-иккинчи тартибли кинетик моделга бўй сўнганлигидан

далолат беради, ҳамда псевдо-иккинчи тартибли кинетик моделнинг корреляцион коэффисенти тегишли равишда Ni^{2+} ($R^2=0,705-0,986$) ва Cu^{2+} ($R^2=0,843-0,985$) қийматлар тенлиги аниқланди. Бу эса Cu^{2+} ва Ni^{2+} ионларинг ПВХ асосида олинган полиамфолитга сорбцияланишида металл ионлари билан бир қаторда сорбент таркибидаги амина ва сульфогуруҳлар ҳам таъсир кўрсатганлигидан далолат беради. Шунингдек эритмалардаги адсорбция константаси қийматининг ҳарорат таъсирида ўзгаришини Аррениус қўйидаги тенглама орқали ифодалади [24].

$$\ln k_2 = \ln A_0 - E_a / RT$$

Бу ерда: A_0 экспонентал фактор, E_a - фаолланиш энергияси ва k_2 (г/мг мин) турли ҳароратлардаги псевдо-иккинчи тартибли кинетик константа.

Сорбция жараёнида металл ионларининг фаолланиш энергияси никель иони учун 49,52 кж/моль, мис иони учун 54,15 кж/моль бу қийматлар асосида жараён сорбцияси қўйидаги кетма - кетлик $Ni^{2+} < Cu^{2+}$ асосида фаолланиш энергияси ортиб бориши аниқланди. Металл ионларининг сорбцияси металл катионлари ва ионит юзасидаги $-SO_3^-$ гуруҳлари орасидаги электростатик таъсир асосида ҳамда ионит таркибидаги $>NH$ гуруҳлари орасидаги координацион боғланиш асосида боради. Бундан ташқари оралиқ металл ионлари ионит билан кординатцион боғ ҳосил қилиш кучи ҳам муҳим аҳамиятга эга. Шундай қилиб Cu^{2+} ионлари Ni^{2+} ионларига нисбатан ионитга кўпроқ ютилиши аниқланди. Бу эса олинган полиамфолит саноат миқёсида оқова сувлар таркибидан металл ионларини ажратиш имконини беради.

REFERENCES

1. Kowanga K.D., Erastus G., Godfrey O.M., Eliakim M.M. Kinetic, sorption isotherms, pseudo-first-order model and pseudo-second-order model studies of Cu(II) and Pb(II) using defatted Moringa oleifera seed powder. The Journal of Photopharmacology. 2016; 5(2): 71-78.
2. Krim L., Nacer S. and Bilango G. Kinetics of chromium sorption on biomass fungi from aqueous solution. Am. J. Environ. Sci., 2006. 2: 27-32.
3. Yisa J. Heavy metals contamination of road deposited sediments. Am. J. Applied Sci., 2010. 7: 1231-1236.
4. Ong M.C. and Kamruzzaman B.Y. An assessment of metals (Pb and Cu) contamination in bottom sediment from South China Sea coastal waters, Malaysia. Am. J. Applied Sci., 2009. 6: 1418-1423.
5. 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.
6. Raghav S., Kumar D., Adsorption equilibrium, kinetics, and thermodynamic studies of fluoride adsorbed by tetrametallic oxide adsorbent, *J. Chem. Eng. Data* 63 (2018) 1682–1697.
7. Slavinskaya G.V., Kurenkova O.V. Water supply, sewerage, building construction of water resources protection influence of filter materials on water quality Voronezh State Technical University Issue № 4 (36), 2017 ISSN 2542-0526.
9. Eun Ji Park., Byoung Chul Park., Young Joong Kim., Ali Canlier., Taek Sung Hwang. Elimination and Substitution Compete During Amination of poly (vinyl chloride) with Ehtylenediamine: XPS Analysis and Approach of Active Site Index Article in *Macromolecular Research*. June 2018. DOI: 10.1007/s13233-018-6123-z.
10. Ahmed I.S., Ghonaim A.K., Abdel Hakim A.A., Moustafa M.M., Kamal El-Din A.H. Synthesis and characterization of some polymers for removing of some heavy metal ions of industrial wastewater // *J Appl Sci Res*. 2008; 4: pp. 1946-1958.
11. Лейкин Ю.А., Мясоедов Б.Ф., Лосев В.В., Кириллов Е.А. Модифицированные сорбенты для селективного извлечения аммиака и его производных. // *Хим. Физика*. 2007. Т. 26. № 10. С. 18–33.
12. Brown C.-J., Sheedy, M.: *A new ion exchange process for softening high TDS produced water*, SPE/Petroleum Society of CIM/СНОА, Technical Paper No 78941, Eco-Tec Inc., 2002.
13. Лейкин Ю.А. Исследование в области химии комплексообразующих фосфорсодержащих полимеров трехмерной структуры: Дис. д-ра хим. наук. М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 2009. 440 с.
14. Keno David Kowanga., Erastus Gatebe., Godfrey Omare Mauti, Eliakim Mbaka Mauti Kinetic, sorption isotherms, pseudo-first-order model and pseudo-second-order model studies of Cu(II) and Pb(II) using defatted *Moringa oleifera* seed powder *The Journal of Phytopharmacology* 2016; 5(2): 71-78.
15. Нецкина О.В. Адсорбция из растворов на твёрдой поверхности Новосибирск 2015;3-15.
16. Foo K.Y., Hameed B.H.: Insights into the modeling of adsorption isotherm systems, *Chemical Engineering Journal*, 2010, 156(1), 2-10.
17. Juraev M., Khushvaktov S., Botirov S., Bekchanov D., Mukhamediev M. Kinetics of Sorption of Ca (II) And Mg (II) Ions from Solutions To a New Sulphocathionite. *International Journal of Advanced Science and Technology* Vol. 29, No. 7, (2020), (iyun) pp. 3395-3401 / <https://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/21894>.

18. Rengaraj S., Yeon J.W., Kim Y., Yongju, J: 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;
19. Rengaraj S., Yeon J.W., Kim Y., Yongju J. 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.
20. Хушвақтов С.Ю., Жураев М.М., Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г. Сорбция ионов меди (II) и никеля (II) на азот и серосодержащем полиамфолите. //UNIVERSUM: Химия и биология. (2019) № 11 (65).
21. Bogdan Vandrabur, Ramona-Elena Tataru-Fărnuș, Liliana Lazăr, Laura Bulgariu, Gheorghe Gutt. Use of strong acid resin Purolite C100E For removing permanent hardness of water – factors affecting cationic exchange capacity *Scientific Study & Research*. 2012, 13 (3), pp 295 – 304.
22. Bekchanov D.J., Mukhamediev M.G., Sagdiev N.J. «Study sorption of heavy metals nitrogen – and- phosphorus containing polyampholytes» *Journal “ American Journal of Polymer Science” America* 2016 year, № 6. (2). pp 46-49.
23. Хушвақтов С.Ю., Жураев М.М., Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г. Поливинилхлорид асосидаги азот ва олтингугурт тутган поликомплексонга оралиқ металл ионларнинг сорбцияси. *О’zbekiston kimyo jurnali*, 2020, №4, 36-45 б. (02.00.00., №6).
24. Mittal A., Teotia M., Soni R.K., Mittal J. Applications of egg shell and egg shell membrane as adsorbents: a review, *J. Mol. Liq.* 223 (2016) 376–387.