

**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ  
МИНИСТРЛИГИ  
Ж. БАЛАСАГЫН атындагы КЫРГЫЗ УЛУТТУК УНИВЕРСИТЕТИ**

**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ  
МИНИСТРЛИГИ  
И.РАЗЗАКОВ атындагы КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК  
УНИВЕРСИТЕТИ**

Диссертациялык кеңеш К 02.21.639

Кол жазма укугунда  
УДК [544.353.2 + 544.726](043.3)

**ДЖУНУШАЛИЕВА АЙНУР КАЛЫЧБЕКОВНА**

**СУУДАГЫ ЭРИТМЕЛЕРДЕН ООР МЕТАЛЛДАРДЫН ИОНДОРУНУН КҮРӨҢ  
КӨМҮРДӨН АЛЫНГАН ГУМИН КИСЛОТАСЫНДА, ГУМИНДЕ  
АДСОРБЦИЯЛАНЫШЫ ЖАНА ТАНДАЛМА СОЛЬВАТТАШУУСУ**

02.00.04 – физикалык химия адистиги

Химия илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу  
үчүн жазылган диссертациясынын  
авторефераты

**Бишкек-2022**

Иш Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университетинин химия жана химиялык технология факультетинин ЮНЕСКОнун физикалык жана коллоиддик химия кафедрасында аткарылган

**Илимий жетекчи:**

**Султан Осконович Карабаев**, химия илимдеринин доктору, профессор, Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети, ЮНЕСКОнун физикалык жана коллоиддик химия кафедрасынын башчысы, Бишкек ш., Кыргыз Республикасы

**Расмий оппоненттер:**

**Сейлханова Гульзия Амангельдыевна**, химия илимдеринин доктору, профессор, Аль-Фараби атындагы Казак улуттук университети, физикалык химия, катализ жана нефти кафедрасынын профессору, Алматы ш., Казахстан Республикасы

**Айткеева Чолпон Алымкуловна**, химия илимдеринин кандидаты, доцент, Медицинанын Эл аралык Жогорку мектеби, табигый илимдер кафедрасынын доценти, Бишкек ш., Кыргыз Республикасы

**Жетектөөчү мекеме:** «Россия илимдер академиясынын Санкт-Петербург Федералдык изилдөө борбору» федералдык мамлекеттик бюджеттик илим мекемеси, Россия Федерациясынын илим жана жогорку билим берүү министрлиги, 199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., 39

Диссертацияны коргоо 2022-ж. 25-мартында Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университетине жана И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетине караштуу химия илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн диссертацияларды коргоо боюнча К 02.21.639 диссертациялык кеңештин отурумунда болот, дареги 720033, Бишкек ш., Фрунзе көч., 547. Диссертациянын коргоосуна онлайн режимде кирүүгө мүмкүндүк алуунун идентификатору: <https://vc.vak.kg/b/022-lfc-ppy-clc>

Диссертация менен Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университетинин (720033, Бишкек ш, Жибек Жолу көч., 394) жана И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин (720044, Бишкек ш., Ч. Айтматова пр., 66) китепканаларында жана <http://dissovetchem.knu.kg> сайтында таанышууга болот.

Автореферат 2022-ж. 24-февралында таркатылды

Диссертациялык кеңештин

окумуштуу катчысы

химия илимдеринин кандидаты, доцент  Субанкулова Д.А.

## **ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ**

**Актуалдуулук.** Негизги технологиялардын: нанотехнология, биотехнология, жаңы материалдардын технологиясы – тармагындагы жетишкендиктерди синтездөөчү иштеп чыгуулар физикалык жана коллоиддик химиянын супрамолекулалык системалар аймагында заманбап өнүгүү багытын аныктады, мында материянын молекулалык таанып билүү, тандалма байланыштыруу, рецептор-субстраттык өз ара аракеттенүү сыяктуу уюшулушу жана иштешинин принциптери ишке ашырылат.

Бир катар мүнөздүү касиеттерге ээ болгон супрамолекулалык системалардын ичинен гумин кислоталары менен гуминдин супрамолекулалары өзгөчө кызыгууну туудурат. Көптөгөн изилдөөлөрдүн негизинде өсүмдүктөрдүн өсүшүнө жана өнүгүшүнө гумин кислоталарынын тийгизген таасири бар экендиги көрсөтүлгөн. Гумин заттарынын сорбциялык касиеттери алардын эритмелерден оор металл иондорун байланыштыруу жөндөмдүүлүгүн шарттайт. Ошону менен бирге, гумин кислоталарынын гидрофобдук-гидрофильдик касиеттеринин жыйындысы алардын адсорбциялык активдүүлүгүнө, эритмелерде болуусуна, конкреттүү экологиялык шарттарга мүнөздүү гумус заттарынын ажыроосун калыптандырып, нымдын агымы менен жылышы же пайда болгон жеринде калуу жөндөмдүүлүгүнө таасири толук изилденбегени белгиленет. Суудагы эритмелерден оор металлдардын иондорунун гуминге адсорбцияланышы жөнүндөгү маалыматтар ата мекендик жана чет өлкөлүк адабияттарда анча деле көп эмес.

Жогорудагы маалыматтардын, анын ичинде гумин кислоталарынын, гуминдин, алардын активдештирилген түрлөрүнүн беттик морфологиясы боюнча жетишсиздиги, гумин заттарынын курамын химиялык формула менен сыпаттоо мүмкүн эместиги бул жаратылыш заттарынын беттик жана сольватациялык касиеттерин гетерогендүү суу-электролит системаларында изилдөөлөрдүн актуалдуулугун аныктайт.

**Диссертациянын темасынын артыкчылыктуу илимий багыттар, илимий долбоорлор менен байланышы.** Иш Ж.Баласагын атындагы КУУнун ЮНЕСКОнун физикалык жана коллоиддик химия кафедрасынын илимий-изилдөө иштеринин тематикалык планына: «Табигый көмүртектик матрицалар: бөлүп алуу, анализдөө, оор металлдардын иондорунун, төмөнкү молекулалуу органикалык лиганддардын суудагы эритмелериндеги адсорбциялык катмарлардын жана молекулалык ансамблдердин касиеттерин изилдөө» (2013-2018 жж.); КР ББЖИМнин илимий-изилдөө иштери боюнча

долбоорлоруна: “Кыргызстандын табигый дисперстик материалдары: бөлүп алуу, анализдөө, эритмелердеги адсорбциялык катмарлардын жана молекулалык ансамблдердин касиеттерин изилдөө» (мамлекеттик регистр. № 0005736); "Кыргызстандын табигый дисперстик материалдары: активдештирилген түрлөрүнүн беттик морфологиясы, органикалык иондордун, оор металл катиондорунун эритмелеринен ашыкча адсорбциялык жана сольватациялык касиеттеринин мүнөздөмөсү" (мамлекеттик регистр. № 0006985) ылайык аткарылды.

**Изилдөөнүн максаты жана маселелери.** Иштин максаты Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын, гуминдин жана алардын механохимиялык майдаланган түрлөрүнүн суудагы эритмелерден оор металлдардын иондорун адсорбциялоо, сольватташтыруу касиеттерин изилдөө болуп саналат.

Бул максатка жетүү үчүн төмөнкү маселелер чечилди:

- Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын жана гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн беттик морфологиясынын салыштырмалуу мүнөздөмөсү, анын ичинде адсорбциялык ыкма менен изилденген көмүртектик матрицаларынын салыштырма беттик аянтын аныктоо.
- Кара-Кече күрөң көмүрүнүн катуу фазадагы гумин кислотасынын жана гуминдин баштапкы, механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүндө оор металл иондорунун суудагы эритмелерден адсорбцияланышынын механизмдерин жана түрлөрүн негиздөө.
- Кара-Кече күрөң көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын структуралык бирдиктеринде оор металл иондорунун сольватациялык ашыктыгын суудагы эритмелерде аныктоо.

**Иштин илимий жаңылыгы.** Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын жана гуминдин баштапкы, механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн оор металл иондорунун суудагы эритмелериндеги адсорбциялык жана сольватациялык касиеттеринин изилдөөлөрү биринчи жолу жүргүзүлдү. Кара-Кече күрөң көмүрүнөн бөлүнүп алынган изилденген табигый көмүртектик матрицалардын бетинин морфологиясынын, салыштырма беттик аянтынын салыштырмалуу мүнөздөмөсү берилди. Сольватациялык ашыктык түшүнүгүнүн алкагында Кара-Кече күрөң көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын реакциялык борборлору

суудагы эритмелеринде оор металл иондору менен каныккан структуралык бирдиктеринин өлчөмдүк таасирин баалоо мүмкүнчүлүгү көрсөтүлдү.

**Алынган натыйжалардын практикалык маанилүүлүгү.** Изилдөөнүн натыйжалары Кыргызстандын көмүртектик чийки затынын экинчилик булактарын сарамжалдуу пайдаланууну, Кара-Кеченин жогорку күлдүү, орточо калориялуу күрөң көмүрүн отун катары эмес колдонуунун мүмкүн болгон жолдорунун бирин көрсөтөт. Изилденген көмүртектик матрицалардын ичинен суудагы эритмелерди оор металл иондорунан тазалоо үчүн эң эффективдүү сорбент катары Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гуминдин баштапкы үлгүсү сунушталды. Суудагы эритмелеринде оор металл иондору менен каныккан Кара-Кече күрөң көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы, механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын структуралык бирдиктеринин өлчөмдүк таасирин баалоо аны айыл чарбасында, экологиялык көйгөйлөрдү чечүүдө колдонуунун методологиясын иштеп чыгууда колдонулушу мүмкүн.

**Диссертациянын коргоого алып чыга турган негизги жоболору:**

- Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын жана гуминдин баштапкы, механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн беттик морфологиясынын, беттик салыштырма аянтынын, энергодисперсиялык жана ИК-спектрлеринин салыштырмалуу мүнөздөмөсү.
- Кара-Кече күрөң көмүрүнүн катуу фазадагы гумин кислотасынын жана гуминдин баштапкы, механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүндө суудагы эритмелерден оор металл иондорунун адсорбцияланышынын салыштырмалуу мүнөздөмөсү.
- Суудагы эритмелердеги Кара-Кече күрөң көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын структуралык бирдиктеринде оор металл иондорунун суудан ашыкча сольватташуусунун мүнөздөмөсү.
- Реакциялык борборлору суудагы эритмелерде оор металлдардын иондору менен каныккан гумин кислотасынын баштапкы, механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын структуралык бирдиктеринин өлчөмдүк баалоосу.

**Изденүүчүнүн жеке салымы.** Автор алгачкы эксперименттик маалыматтардын баардыгын өз алдынча алган жана математикалык статистиканын методдору менен иштеп чыккан. Катуу адсорбенттерге оор металлдардын иондорунун изотермикалык адсорбциясынын натыйжаларына

изилденүүчү системалардагы адсорбциянын мүмкүн болгон механизмдерин жана түрлөрүн негиздөө менен комплекстүү талдоо жүргүзүлдү. Изденүүчү суу-электролит эритмелерде гумин кислотасындагы оор металл иондорунун тандалма сольватташуусунун эффекттерин сүрөттөө үчүн сольватациялык ашыктыгы түшүнүгүн колдонуу мүмкүнчүлүгүн көрсөттү. Реакциялык борборлору суудагы эритмелерде оор металлдардын иондору менен каныккан гумин кислотасынын супрамолекуласынын структуралык бирдиктеринин өлчөмдүк баасы берилди.

**Изилдөө натыйжаларынын апробациясы.** Диссертациялык иштин материалдары эл аралык жана республикалык конференцияларда баяндалды: “The Seventh International Conference on Material Technologies and Modeling», Ариэль, Израиль, 2012; «Республикалык илимий-практикалык конференция: Химия. Химиялык технология. Проблемалар жана перспективалар», Бишкек, Кыргызстан, 2013; «The twelfth Russian - Israeli Bi-National workshop», Иерусалим, Израиль, 2013; «10th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids» Париж, Франция, 2014; «Эл аралык илимий-практикалык конференция: Органикалык жана органикалык эмес синтез технологияларын өнүктүрүүнүн актуалдуу көйгөйлөрү жана багыттары» Стерлитамак, Россия Федерациясы, 2021; «Эл аралык илимий-практикалык конференция: Мунай кендери химиясынын практикалык аспектери» Уфа, Россия Федерациясы, 2021; «17<sup>th</sup> International Conference on Diffusion in Solids and Liquids (DSL2021)» Мальта, 2021.

**Диссертациянын жыйынтыктарынын басылмаларда чагылдырылышынын толуктугу.** Изилдөөнүн жыйынтыгы боюнча 6 макала “Scopus” жана “РИНЦ” системалары боюнча индекстелген рецензияланган журналдарда бастырылып чыгарылган, Кыргыз Республикасынын патенти катталган.

**Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү.** Диссертациялык иш киришүүдөн, үч бөлүмдөн, жыйынтыктардан, колдонулган адабияттык булактардын тизмесинен турат. Диссертация 115 компьютердик тексттик бетте берилген, 32 сүрөттү, 21 таблицаны камтыйт, колдонулган булактардын тизмеси 125 аталыштан турат.

## ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

**Киришүүдө** диссертациянын темасынын актуалдуулугу негизделген, иштин максаты жана маселелери, коргоонун негизги жоболору аныкталган, изилдөөнүн натыйжаларынын илимий жаңылыгы жана практикалык мааниси көрсөтүлгөн.

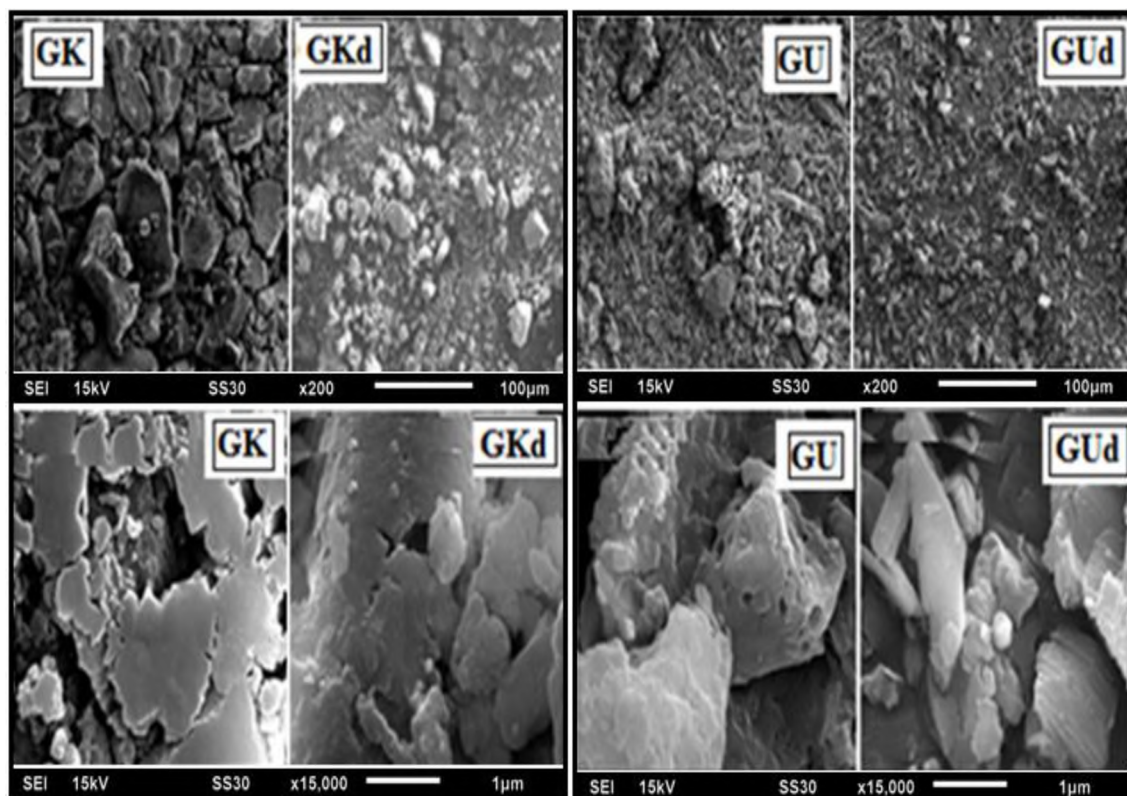
**1-бөлүмдө** гуминдик заттардын түзүлүшү, касиеттери, реакциялык жөндөмдүүлүгү, ашыкча термодинамикалык функцияларды көп компоненттүү системалардын беттик жана сольватациялык касиеттерин сүрөттөөдө колдонуу боюнча адабияттарга сереп берилген (Русанов А.И., Уимен Дж., Пендин А.А.). Гуминдик заттардын бетинин морфологиялык өзгөчөлүктөрүнө, алардын суу-электролит эритмелериндеги адсорбциялык жана сольватациялык касиеттеринин мүнөздөмөлөрүнө арналган эмгектердин анча көп эместиги белгиленген. Күрөң көмүрдөн гумин кислоталарын бөлүп чыгарууда коштоочу зат катары гуминдин пайдалуу касиеттери аз изилденген. Ашыкча термодинамикалык функцияларды колдонуу менен гомогендүү жана гетерогендүү системаларда табигый көмүртектик матрицалардын оор металл иондору менен өз ара аракеттенүүсүн сүрөттөө мүмкүнчүлүгү актуалдуу маселе бойдон калууда.

**2- бөлүмдө** растрдык электрондук микроскопиянын, рентген-спектралдык микроанализдин, ИК-спектроскопиянын жана адсорбциянын методдору менен көмүртектик сорбенттердин: Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын (GK) жана гуминдин (GU) баштапкы үлгүлөрүнүн, Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын (GKd) жана гуминдин (GUd) механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн беттик морфологиясынын, элементтик курамынын, структуралык фрагменттеринин жана функционалдык топторунун, ошондой эле беттик салыштырма аянтынын мүнөздөмөсү берилди.

*Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн беттик морфологиясынын салыштырма мүнөздөмөсү.* Изилдөө JSM 6510 растрдык электрондук микроскопто экинчилик электрондордун детекторун (SEI) колдонуу менен жүргүзүлгөн. 1-сүрөттө гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн бетинин 200- жана 15000-эсе чоңойтуудагы сүрөттөрү көрсөтүлгөн.

1-сүрөттөн гумин кислотасынын механохимиялык жол менен майдаланган үлгүсүнүн, баштапкы үлгүсүндөй эле, бөлүкчөлөрүнүн бети

тегиз, ал аркылуу көзөнөкчөлөр жана капиллярлар өтпөгөнү жана эч кандай түрдөгү бүдүрлөр жок экени көрүнүп турат.



1-сүрөт – Гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн бетинин 200- жана 15000-эсе чоңойтуудагы сүрөттөрү

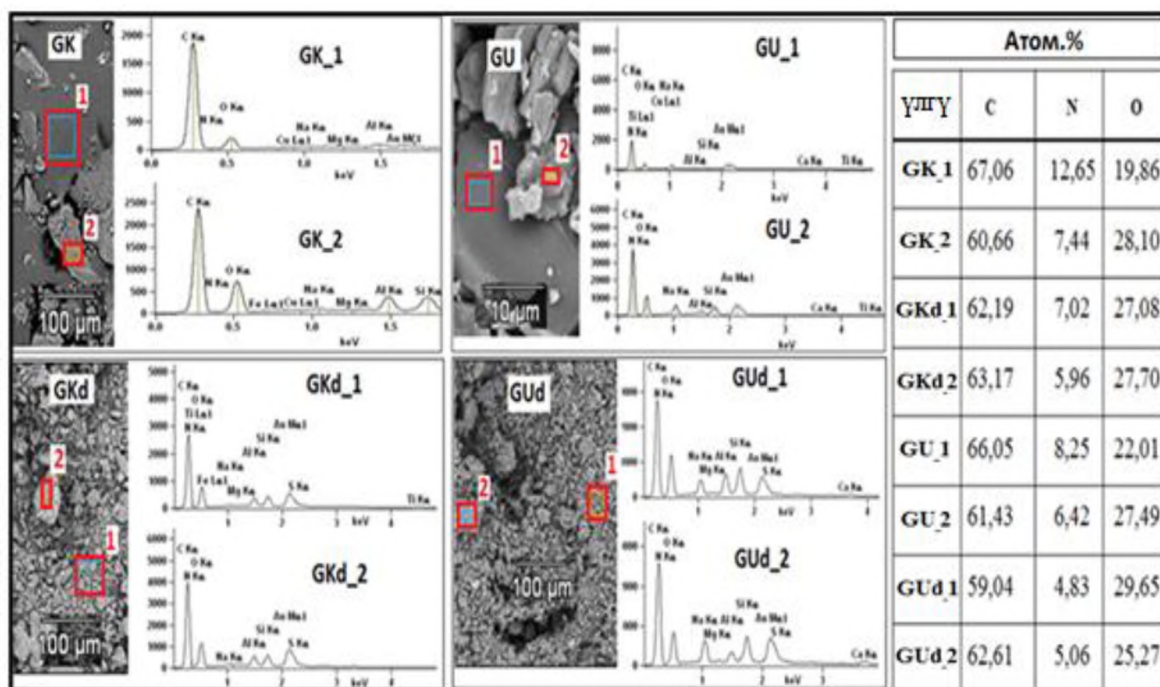
Гуминдин механохимиялык жол менен майдаланган үлгүсүнүн бөлүкчөлөрү, баштапкы үлгүсүнүн бөлүкчөлөрүндөй эле, белгилүү тартипте эмес, сынык өңдүү формадагы, өнүккөн көзөнөктүү бети бар бөлүкчөлөр. Айрым көзөнөкчөлөрдүн максималдуу өлчөмү 200 нанометрге жетет. Бирок, механохимиялык майдалоодон кийин GUdнын көзөнөктүүлүгү GUга караганда төмөн.

*Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн энергодисперсиялык спектрлеринин салыштырма мүнөздөмөсү.* 2-сүрөттө энергодисперсиялык спектри тартылган беттин чекиттерин (1, 2) көрсөтүү менен гумин кислотасынын жана гуминдин изилденүүчү үлгүлөрүнүн сүрөттөрү келтирилген.

Детектор катары NSS7 азот муздаткычы бар энергодисперсиялык спектрометри (EDS) колдонулганын белгилей кетүү керек. Энергодисперсиялык спектрлерден көрүнүп тургандай, Кара-Кече көмүрүнөн



алынган гумин кислотасынын жана гуминдин баштапкы үлгүлөрүнүн бетинин ар кайсы чекиттеринде негизги элементтердин (C, N, O) саны бир топ өзгөрүп турат.

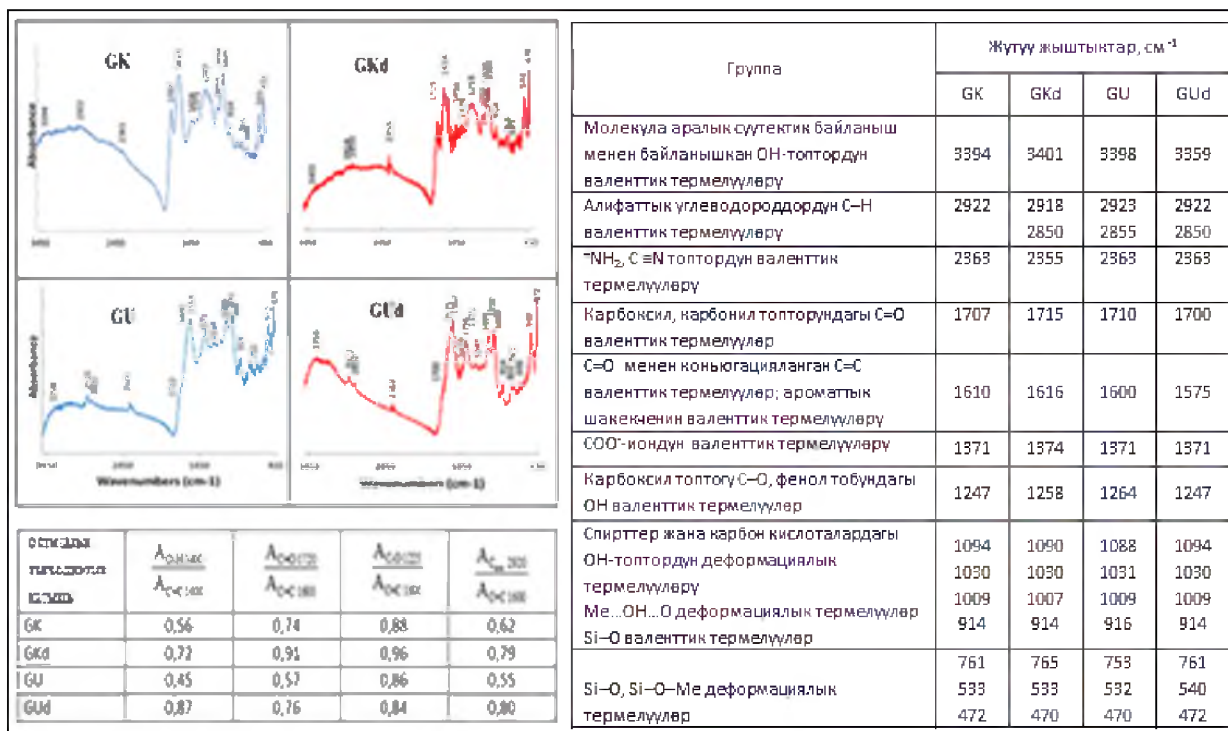


2-сүрөт – Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн беттеринин белгиленген чекиттериндеги (1,2) энергодисперсиялык спектрлери

Баштапкы үлгүлөрдүн механохимиялык иштетүүсү гумин кислотасынын жана гуминдин майдаланган үлгүлөрүнүн бетинин ар кандай чекиттериндеги негизги элементтердин санынын, ошондой эле бөлүкчөлөрдүн өлчөмүнүн айырмасын байкалаарлык түрдө азайтат. Ошентип, Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын жана гуминдин механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрү, баштапкыларына салыштырмалуу, негизги элементтердин саны жана бөлүкчөлөрдүн өлчөмдөрү боюнча бир тектүү болушат.

Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн ИК-спектрлеринин салыштырма мүнөздөмөсү. 3-сүрөттө бардык изилденүүчү үлгүлөрдүн 450дөн 3500  $\text{cm}^{-1}$ ге чейинки жыштык аралыгында KBr менен 1:300 катышында кесекчелер түрүндө Varian ИК-Фурье-спектрометринде жазылган ИК-спектрлери көрсөтүлгөн. Бардык спектрлер абдан окшош. Мүнөздүү тилкелердин көбүнчөсү боюнча Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын жана гуминдин изилденген үлгүлөрүнүн ИК-спектрлери дал келишет же бири-

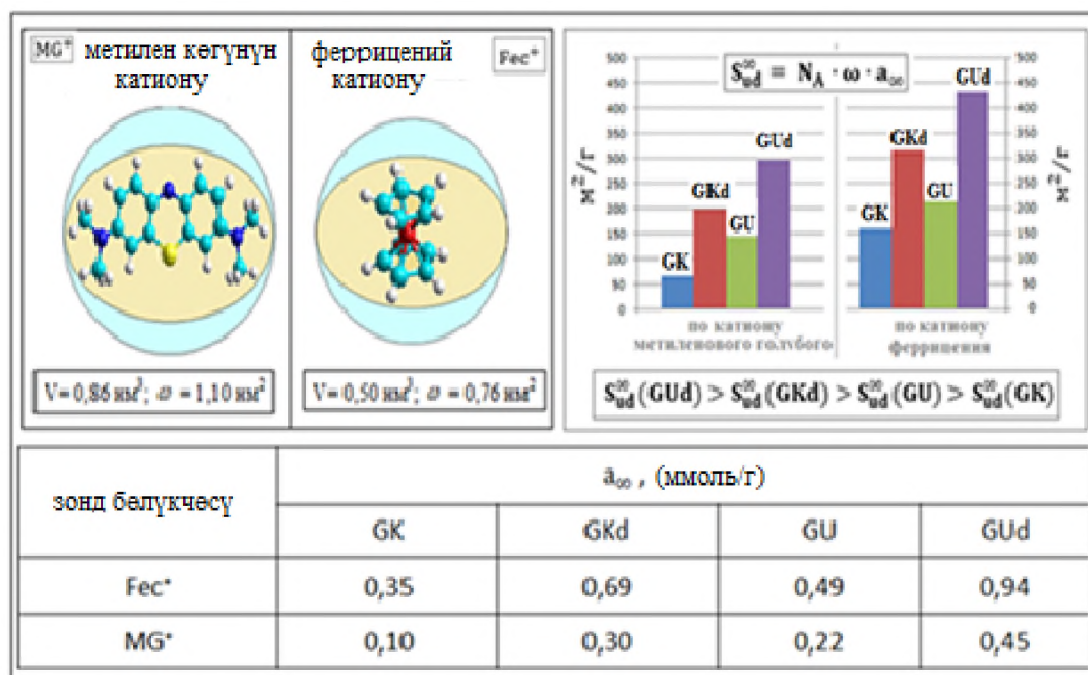
бирине окшош. Салыштырмалуу анализ көрсөткөндөй, бардык үлгүлөр конденсацияланган ароматикалык системалардын, алифатикалык жана алициклдүү углеводороддук топтордун, ошондой эле кычкылтекти камтыган функционалдык (карбоксил, карбонил, гидроксил) топтордун болушу менен мүнөздөлөт.



3-сүрөт – Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн ИК-спектрлери, эн маанилүү атомдук топторуна мүнөздүү сиңирүү тилкелердин максимумдары

Бардык үлгүлөр минералдык компоненттерди камтыйт. Үлгүлөрдөгү функционалдык топтордун салыштырмалуу санын баалоо кычкылтекти камтыган топтордун сиңирүү тилкелеринин оптикалык тыгыздыктарынын ароматикалык поликонъюгацияланган системаларга (1600 см<sup>-1</sup>) туура келген оптикалык тыгыздыктарга болгон катышы боюнча жүргүзүлдү. Бардык функционалдык топтордун салыштырмалуу саны ароматикалык поликонъюгацияланган системалардын салыштырмалуу санына карата Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын жана гуминдин механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрү үчүн олуттуу өскөндүгүн эсептөөлөр көрсөттү. Мында баштапкы үлгүлөрдү механикалык иштетүүдө гумин кислотасынын жана гуминдин макромолекулаларынын негизин түзгөн ароматикалык алкактын жарым-жартылай бузулушу ишке ашат.

Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн беттик аянтынын салыштырмалуу мүнөздөмөсү. Көмүртектик сорбенттердин беттик аянты адсорбция ыкмасы менен аныкталган. Адсорбат катары метилен көгүгүн жана ферриценийдин катиондору колдонулган. Катуу заттын бетинде заряддалган зонд бөлүкчөсүнүн ээлеген аянты Hyper Chem 8.0.8 кванттык-химиялык жана молекулярдык-динамикалык программасынын көрсөтмө үлгүсү колдонулуп, эсептөө жолу менен аныкталган. Натыйжалар 4-сүрөттө көрсөтүлгөн.

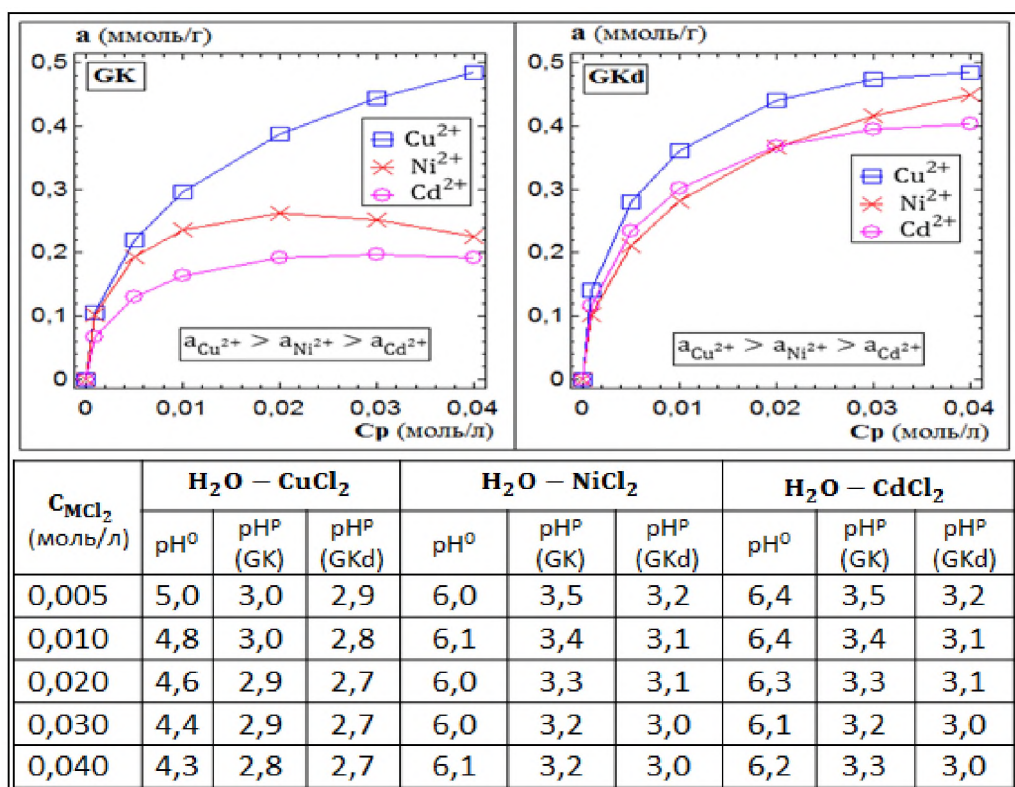


4-сүрөт – Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн салыштырма беттик аянтынын салыштырмалуу мүнөздөмөсү

Ушул эле сүрөттө Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн метилен көгүнүн жана ферриценийдин катиондору аркылуу аныкталган салыштырма беттик аянтынын чектүү маанилери келтирилген. Бул чоңдуктар ( $S_{ud}^{\infty}$ ) бир типтеги катарга тизилгенин көрүү оңой. Бирок, зонд бөлүкчөлөрүнүн табиятына, алардын көмүртектик сорбенттердин активдүү борборлоруна биригүү өзгөчөлүктөрүнө карабастан, Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин механохимиялык майдаланган үлгүсү эң жогорку салыштырма беттик аянтына ээ, ал эми гумин кислотасынын баштапкы үлгүсү – эң төмөнкүгө ээ.

**3-бөлүмдө** Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын, гуминдин жана алардын механохимиялык жол менен майдаланган түрлөрүнүн оор металл иондорунун суудагы эритмелериндеги адсорбциялык, сольватациялык касиеттерин изилдөөнүн натыйжалары келтирилген.

Суудагы эритмелерден Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүндө жез (II), никель (II), кадмий (II) иондорунун адсорбцияланышы. Изотермикалык адсорбция, адсорбаттардын эритмелеринин pH боюнча эксперименттик маалыматтар 5-сүрөттө көрсөтүлгөн.

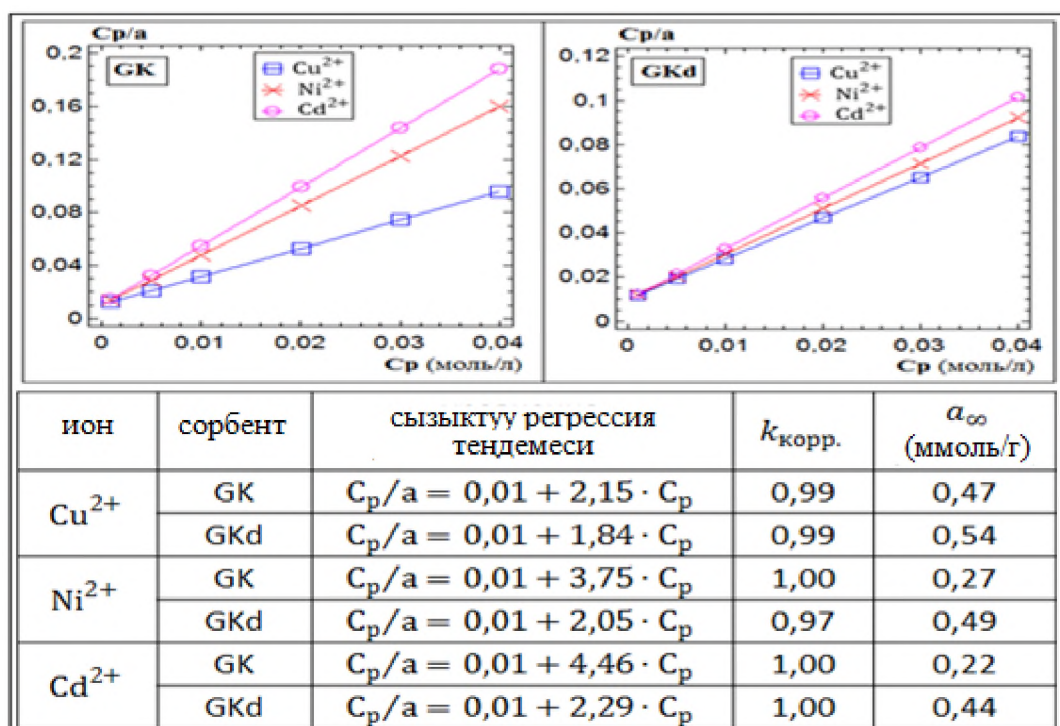


5-сүрөт – Суудагы эритмелерден Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүндө оор металл иондорунун 298 К адсорбциясынын изотермасы

Суудагы эритмелерден гумин кислотасынын майдаланган үлгүсүндө оор металл иондорунун адсорбциясынын маанилери баштапкысынан кем эместиги 5-сүрөттөн көрүнүп турат. Бул учурда, гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрү үчүн адсорбциянын маанилери жез (II), никель (II), кадмий (II) иондорунун ацетаттык комплекстеринин туруктуулук катарына бир типте болгон катарга жайгашышат. Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүндө оор металл иондору адсорбциялангандан кийин суу-электролит



эритмелеринин рН олуттуу төмөндөшү байкалат. Муну менен бирге гумин кислотасынын изилденген үлгүлөрүндө эритмелердеги иондордун адсорбциясы боюнча эксперименталдык маалыматтар Ленгмюрдун теңдемесинин координаталарында каралган. Натыйжалар 6-сүрөттө көрсөтүлгөн. 6-сүрөттө корреляциялык коэффициенти жогору болгон сызыктуу көз карандылык көрүнүп турат. Ушуга байланыштуу сызыктуу регрессия теңдемелеринин параметрлери Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын изилденген үлгүлөрүндө оор металлдардын иондорунун адсорбциясынын чектүү маанилерин эсептөө үчүн колдонулган.

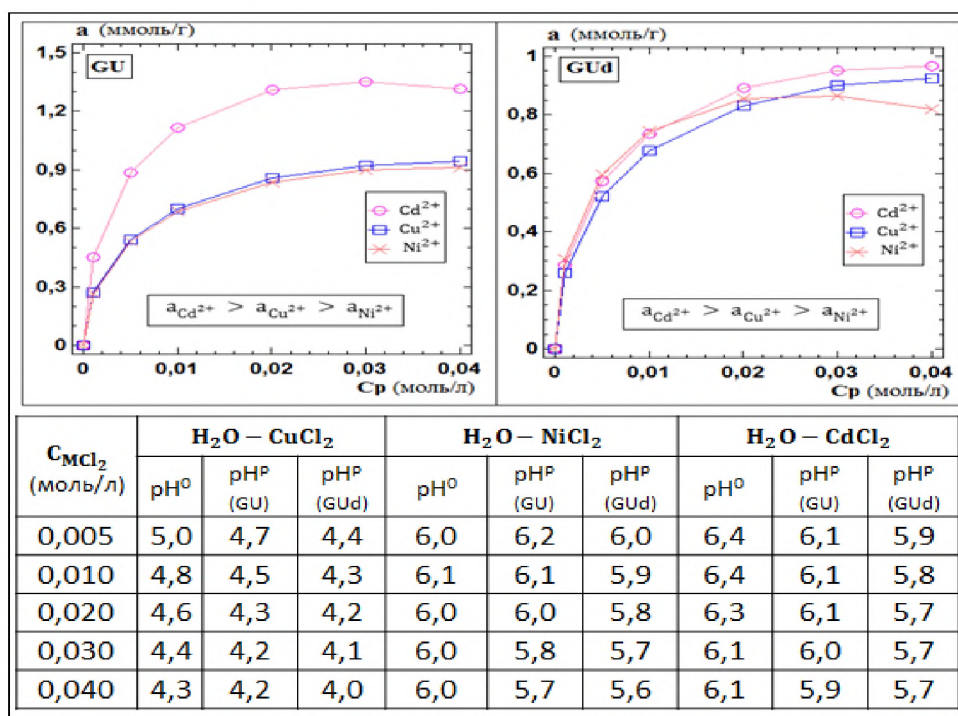


6-сүрөт – Суудагы эритмелерден Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын үлгүлөрүндө оор металл иондорунун адсорбциясы боюнча маалыматтарын Ленгмюрдун теңдемесинин координатасында сызыкташтыруу

Ошентип, алынган натыйжалардын жыйындысы суудагы эритмелерден Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүндө оор металл иондорунун адсорбциясы Ленгмюр тибиндеги ион алмашуу механизми боюнча, негизинен көмүртектик сорбенттердин беттик карбоксил топторунун катышуусу менен жүрөт деп, айтууга негиз берет. Оор металл иондорунун гумин кислотасынын майдаланган үлгүсүндө адсорбциясынын, баштапкы үлгүсүнө салыштырмалуу көбөйүшү бөлүкчөлөрдүн өлчөмү менен негизги элементтердин саны боюнча бир

тектүү болгон сорбенттин майдаланган үлгүсүнүн беттик карбоксил топторунун ион алмашууга көбүрөөк жеткиликтүүлүгү менен түшүндүрүлөт.

Суудагы эритмелерден Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүндө жез (II), никель (II), кадмий (II) иондорунун адсорбциясы. Эксперименталдык маалыматтар 7-сүрөттө көрсөтүлгөн. Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин үлгүлөрүндө адсорбциялангандан кийин оор металл иондорунун суудагы эритмелеринин рН гумин кислотасынан айырмаланып, анча-мынча өзгөрөрүн, ал эми оор металл иондорунун баштапкы гуминге адсорбцияланышы майдаланган үлгүгө караганда жогору экенин көрүүгө болот.

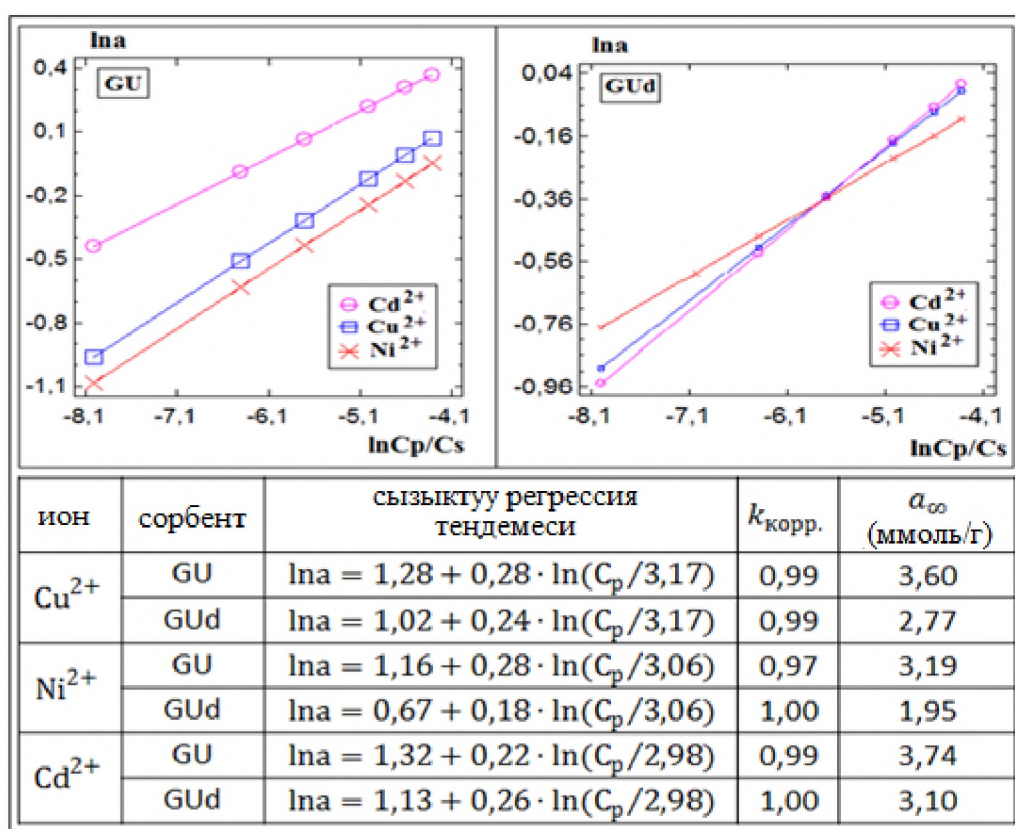


7-сүрөт – Суудагы эритмелерден Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүндө оор металл иондорунун 298 К адсорбциясынын изотермасы

Ошол эле учурда, Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрү үчүн адсорбциянын маанилери Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын үлгүлөрүнөн айырмаланып, катуу адсорбенттерге заряддалган бөлүкчөлөрдүн тандалма адсорбцияланышына мүнөздүү болгон лиотроптук катарда жайгаштырылган. Адсорбциянын чектүү маанилерин аныктоо үчүн керек болгон адсорбаттын тең салмактуулук концентрациясынан адсорбциянын көз карандылыгын сызыкташтыруу

Дубинин-Радушкевичтин теңдемесинин координаталарында мүмкүн болгондугу көңүл бурууга арзыйт, бул 8-сүрөттөн көрүнүп турат.

Ошентип, Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрү үчүн алынган маалыматтардын жыйындысы сорбенттин беттик карбоксил топторундагы адсорбциянын ион алмашуу механизми жарым-жартылай сакталат деп кароого мүмкүндүк берет. Ошол эле учурда Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынан айырмаланып, гуминдин баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн сорбенттердин көмүртектик матрицасынын көзөнөкчөлөрүндө да, бүдүрлөрүндө да жайгашкан реакциялык борборлорунда суудагы эритмелерден оор металл иондорунун алмашуусуз байланышы ишке ашырылат.

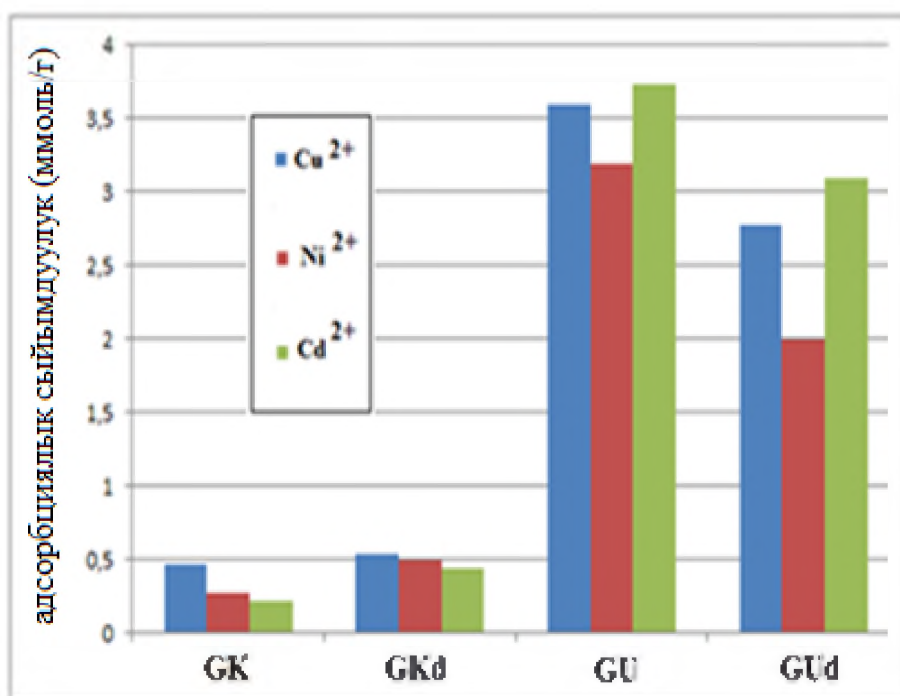


8-сүрөт – Суудагы эритмелерден Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин үлгүлөрүндө оор металл иондорунун адсорбциясы боюнча маалыматтарын Дубинин-Радушкевичтин теңдемесинин координаталарында сызыкташтыруу

Дубинин-Радушкевич теңдемесинин координаталарында эксперименталдык маалыматтардын анализи сорбенттин микрокөзөнөкчөлөрүн көлөмдүү түрдө толтуруу учуруна негиздүү экендигин белгилей кетүү керек. Ушуга байланыштуу, эритмелерден оор металл иондорунун

адсорбцияланышындагы Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин көзөнөктүү структурасынын ролу кошумча негиздемеге муктаж. Бул үчүн Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин баштапкы үлгүсү күл элементтерин сактоо менен анын көзөнөктүүлүгү бир топ төмөндөө тургандай модификацияланган. Бул үчүн Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин баштапкы үлгүсүн нейтралдуу жука катмарга термикалык вакуумдук чачуу технологиясы колдонулган. Тажрыйбалардын натыйжалары жука катмарлуу гуминде адсорбцияга чейин жана андан кийин суу эритмелериндеги оор металл иондорунун концентрациялары көп өзгөрбөгөнүн көрсөттү. Демек, Кара-Кече көмүрүнөн алынган жука катмарлуу гуминдеги көзөнөктүүлүктүн жоголушу анын суудагы эритмелерден оор металл иондорун адсорбциялоо жөндөмүн жоготууга алып келет деп айтууга болот. Алынган жыйынтык Кара-Кече көмүрүнөн алынган гуминдин көзөнөктүү структурасынын суудагы эритмелерден оор металл иондорунун адсорбцияланышында маанилүү ролун көрсөтөт.

*Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн адсорбциялык сыйымдуулугунун салыштырма мүнөздөмөсү.* Суудагы эритмелерден оор металл иондорунун гумин кислотасында жана гуминдеги адсорбциясынын чектүү маанилери изилденген табигый көмүртектик матрицаларынын адсорбциялык сыйымдуулугун мүнөздөйт.



9-сүрөт – Кара-Кече көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин үлгүлөрүнүн оор металл иондору боюнча 298 К адсорбциялык сыйымдуулугунун гистограммасы



Изилденген үлгүлөрдүн ичинен оор металл иондорунун эң эффективдүү адсорбентин аныктоо үчүн бул маанилерди бири-бири менен салыштыруу практикалык кызыгууну жаратат. Жүргүзүлгөн анализдин натыйжалары 9-сүрөттө гистограмма түрүндө берилген. Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын жана гуминдин изилденген үлгүлөрүнүн адсорбциялык сыйымдуулугу (1) катар боюнча жогорулай турганын оңой көрүүгө болот:

$$GK < GKd < GUd < GU \quad (1)$$

Ошентип, жогоруда жүргүзүлгөн анализдин негизинде, изилденген табигый көмүртектик матрицаларынын ичинен Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гуминдин баштапкы үлгүсү суудагы эритмелерден оор металл иондорунун эң эффективдүү адсорбенти болуп саналат деген тыянак чыгарууга болот.

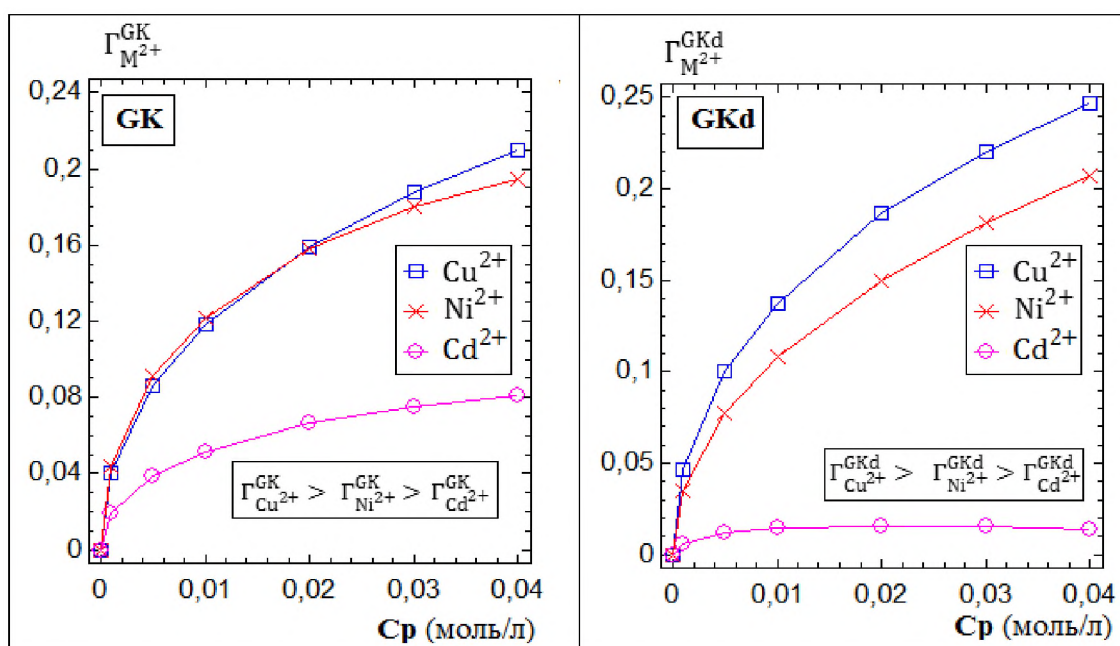
*Суудагы эритмелерде Кара-Кече күрөң көмүрүнүн гумин кислотасынын супрамолекуласынын структуралык бирдиктериндеги оор металл иондорунун сольватациялык ашыктыгы.* Катуу фазадагы гумин кислотасы – электролиттин суу эритмеси системасында гетерогендик тең салмактуулуктун орнотулушу эки байланышкан процесс менен коштолот: катуу фазадагы гумин кислотасында оор металл иондорунун байланышы жана суу-электролит эритмелеринде жайгашкан гумин кислотасынын супрамолекуласынын структуралык бирдиктеринде оор металл иондорунун байланышы. Бул эки процесстин тең салмактуулук шарттарында сандык мүнөздөмөлөрү болуп беттик жана сольватациялык ашыктыктар саналат. Катуу фазадагы Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүндөгү оор металл иондорунун суу эритмелерден беттик ашыктыгынын (адсорбциясынын) тең салмактуулук маанилеринин анализи жогоруда каралган. 3-бөлүмдүн бул бөлүгү суу-электролит эритмелериндеги гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын структуралык бирдиктериндеги оор металл иондорунун суудан сольватациялык ашыктыгынын тең салмактуулук маанилерин аныктоого арналган. Суу-электролиттик эритмелерде тандалма сольватациянын эффекттерин баяндоодо А.А. Пендиндин сольватациялык ашыктык түшүнүгү колдонулган. Изилденип жаткан системага карата теориянын таяныч теңдемеси төмөнкү түрдө жазылышы мүмкүн:

$$\Gamma_{M^{2+}(W)}^{GK(GKd)} = -\frac{1}{3} \cdot \left( \frac{\partial \lg Y_{GK(GKd)}^0}{\partial \lg a_{\pm}} \right)_{T,P,a_{GK(GKd)}} \quad (2),$$

мында  $\Gamma_{M^{2+}(W)}^{GK(GKd)}$  – суу-электролиттик эритмедеги гумин кислотасынын молекулалык ансамблиндеги ( $M^{2+}$ ) иондун суудан (W) сольватациялык

ашыктыгы;  $Y_{GK(GKd)}^0$  – гумин кислотасынын активдүүлүгүнүн нөлдүк коэффициенти;  $a_{\pm}$  – электролиттин орточо активдүүлүгү.

Гумин кислотасынын нөлдүк активдүүлүк коэффициенттеринин маанилери оор металл иондорунун суудагы эритмелеринде полиэлектролиттин супрамолекуласынын структуралык бирдиктеринин эригичтиги жөнүндөгү маалыматтар боюнча эсептелген. Өз кезегинде чөйрөнүн эффекттери ( $\lg Y_{GK(GKd)}^0$ ) сызыктуу эмес регрессия ыкмасын колдонууда "Statgraphics Centurion" колдонмо статистикалык программаларынын пакетинде (көрсөтмө үлгүсү) оор металлдардын эки заряддуу иондорунун хлориддеринин орточо активдүүлүгүнүн логарифми боюнча берилген даражадагы ажыроо полиномдору менен сүрөттөлгөн. Полиномдорду аналитикалык дифференциациялоо жолу менен, (2)-теңдемеге ылайык, берилген курамдагы суу-электролит эритмелеринде гумин кислотасынын баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын структуралык бирдиктеринде суудан оор металл иондорунун сольватациялык ашыктыгы (СА) эсептелди. Оор металл иондорунун концентрациясына жараша СА маанилери 10-сүрөттө көрсөтүлгөн.



10-сүрөт – Иондордун гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүндөгү СА суу эритмелериндеги эки заряддуу металл иондорунун 298 К тең салмактуулук концентрацияларына болгон көз карандылыгы

Гумин кислотасынын супрамолекуласынын структуралык бирдиктериндеги иондордун сольватациялык ашыктыгынын маанилери оң болгонун жана эритмедеги оор металл иондорунун тең салмактуулук концентрациясынын жогорулашы менен көбөйөрүн көрүү оңой. Мында сольватациялык ашыктыктын оң маанилери макромолекуланын тарабынан таасир көрбөгөн аймагындагы суу-электролит эритмесинин курамына караганда гумин кислотасынын молекулалык ансамблинин структуралык бирдиктериндеги металл ионунун суудан ашыктыгын мүнөздөйт. Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын структуралык бирдиктериндеги иондордун сольватациялык ашыктыгынын маанилеринин катарлары бирдей экендиги көңүл бурууга арзыйт. Мындан тышкары, ашыктыктар катарлары адсорбциянын катарлары менен дал келишет. Бул натыйжа, сыягы, полиэлектролиттин катуу фазасында жана суу-электролит эритмесинде жайгашкан, гумин кислотасынын супрамолекуласынын структуралык бирдиктеринин бир типтеги реакциялык борборлоруна оор металл иондорунун байланышы менен шартталган.

Сольватациялык ашыктык түшүнүгүнүн алкагында реакциялык борборлору эритмедеги оор металл иондору менен максималдуу толтурулган баштапкы жана майдаланган гумин кислотасынын супрамолекулаларынын структуралык бирдиктеринин өлчөмдөрүн сферанын радиусу катары төмөнкү теңдеме боюнча баалоого болот (А.А. Пендин жана кызм.):

$$r_{GK(GKd)_{M^{2+}}} = \sqrt{\frac{S_{GK(GKd)}^{\infty} \cdot \Gamma_{M^{2+}}^{GK(GKd)}(\infty)}{4\pi N_A \cdot a_{M^{2+}}^{GK(GKd)}(\infty)}} \quad (3)$$

(3)-теңдемедеги сольватациялык ашыктыктардын чектүү маанилери  $\Gamma_{M^{2+}}^{GK(GKd)}(\infty)$ , Ленгмюрдун сызыктуу теңдемесинин бир түрүнө окшош болгон (4)-теңдеме боюнча эсептелген:

$$\frac{\Gamma_{M^{2+}}^{GK(GKd)}}{C_{M^{2+}}^p} = \Gamma_{M^{2+}}^{GK(GKd)}(\infty) \cdot K - K \cdot \Gamma_{M^{2+}}^{GK(GKd)} \quad (4)$$

(4)-теңдеменин координаталарында сызыктуу регрессия методу менен алынган сольватациялык ашыктыктардын чектүү маанилери, ошондой эле 4,7,8-сүрөттөрдөн алынган  $S_{GK(GKd)}^{\infty}$ ,  $a_{M^{2+}}^{GK(GKd)}(\infty)$  маанилери эритмеде оор металл иондору менен байланышкан гумин кислотасынын супрамолекуласынын структуралык бирдиктеринин өлчөмдөрүн эсептөө

үчүн негиз болгон. Натыйжалар 1-таблицада көрсөтүлгөн. Эритмедеги оор металл иондору менен гумин кислотасынын супрамолекуласынын структуралык бирдиктеринин комплекстеринин өлчөмдөрү бардык учурларда бир нанометрден кичине болгону оңой эле байкалат. Ошентип, катуу фазадагы гумин кислотасынын изилденүүчү үлгүсү менен ассиметриялык электролиттин суюк эритмеси ортосунда гетерогендүү тең салмактуулук орногондо, тандалма сольватациялык эффекттердин натыйжасында, полиэлектролиттин оор металл иондору менен майда өлчөмдүү комплекстеринин чыныгы начар кычкыл суу эритмелери пайда болот.

1-таблица –Эритмедеги оор металл иондору менен 298 К каныккан Кара-Кече көмүрүнүн гумин кислотасынын супрамолекулаларынын структуралык бирдиктеринин өлчөмдөрү

ИОН	Гумин кислотасынын баштапкы үлгүсү				Гумин кислотасынын механохимиялык жол менен майдаланган үлгүсү			
	$r_{GK\_M^{2+}}$ (нМ)	$a_{M^{2+}}^{GK}(\infty)$ (ммоль/Г)	$\Gamma_{M^{2+}}^{GK}(\infty)$	$S_{GK}^{\infty}$ (м <sup>2</sup> /Г)	$r_{GKd\_M^{2+}}$ (нМ)	$a_{M^{2+}}^{GKd}(\infty)$ (ммоль/Г)	$\Gamma_{M^{2+}}^{GKd}(\infty)$	$S_{GKd}^{\infty}$ (м <sup>2</sup> /Г)
Cu <sup>2+</sup>	<b>0,114</b>	0,47	0,29	160,2	<b>0,157</b>	0,54	0,32	315, 9
Ni <sup>2+</sup>	<b>0,131</b>	0,27	0,22		<b>0,160</b>	0,49	0,30	
Cd <sup>2+</sup>	<b>0,093</b>	0,22	0,09		<b>0,102</b>	0,44	0,11	
Эскертүү: $S_{GK(GKd)}^{\infty}$ маанилери феррицений-катиону боюнча аныкталган								

Алынган натыйжанын практикалык мааниси зор, анткени ал оор металл иондорунун жылышуу механизмдеринин бирин негиздөөгө мүмкүндүк берет, мисалы, кычкыл топурактарда жер үстүндөгү ным менен жылышы. Ошол эле учурда полиэлектролиттин майда өлчөмдүү структуралык бирдиктердин металл иондору менен канцерогендик касиетке ээ болбогон комплекстеринин чыныгы эритмелерин пайда кылуу мүмкүнчүлүгү гумин кислоталарынын пайдалуу биосфералык жөнгө салуучу функцияларын камсыздайт.

## ЖЫЙЫНТЫКТАР

Гумин кислотасынын баштапкы жана майдаланган үлгүлөрүнүн бети тегиз, ал аркылуу көзөнөкчөлөр жана капиллярлар өтпөгөнү, бүдүрлүү эмес экендиги растрдык электрондук микроскопиянын жана рентген-спектралдык микроанализдин натыйжалары көрсөттү. Гуминдин баштапкы жана

майдаланган үлгүлөрүнүн бөлүкчөлөрү белгилүү тартиптеги эмес, сынык өңдүү формадагы, өнүккөн көзөнөктүү бети бар бөлүкчөлөр. Гумин кислотасынын жана гуминдин майдаланган үлгүлөрү баштапкыларына салыштырмалуу негизги элементтердин саны жана бөлүкчөлөрдүн өлчөмдөрү боюнча көбүрөөк бир тектүү болушат.

Изилденген көмүртектик матрицалардын ИК-спектрлеринин салыштырма мүнөздөмөсү жүргүзүлдү. Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын жана гуминдин механохимиялык майдаланган үлгүлөрү, баштапкылардай эле, конденсацияланган ароматикалык системалардын, алифатикалык жана алициклдүү углеводороддук топтордун жана кычкылтекти камтыган функционалдык топтордун болушу менен мүнөздөлөрү көрсөтүлдү.

Зонд бөлүкчөлөрү катары метилен көктүн жана ферриценийдин катиондорун колдонуу менен Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гуминдин майдаланган үлгүсү бир катар изилденген табигый көмүртектик матрицаларынын ичинен эң жогорку салыштырма беттик аянтына ээ экендиги көрсөтүлдү.

Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган катуу фазадагы гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүндө суудагы эритмелерден оор металл иондорунун адсорбцияланышы изилденди. Оор металл иондорунун гумин кислотасына жана гуминге адсорбцияланышынын механизми жана тиби боюнча айырмачылык аныкталды. Изилденген табигый көмүртектик матрицаларынын ичинен суудагы эритмелердеги оор металл иондорунун эң эффективдүү сорбенти Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гуминдин баштапкы үлгүсү экендиги көрсөтүлдү.

Берилген курамдагы суу-электролит эритмелериндеги баштапкы жана майдаланган гумин кислотасынын супрамолекулаларынын структуралык бирдиктеринин реакциялык борборлорундагы оор металл иондорунун тандалма сольватациясынын эффекттери каралды. Суюк фазадагы гумин кислотасынын баштапкы, механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын структуралык бирдиктеринде оор металл иондорунун суудан сольватациялык ашыктыгынын маанилери аныкталды.

Беттик жана сольватациялык ашыктыктардын чектүү маанилеринин маалыматтарынын негизинде эритмедеги оор металл иондору менен гумин кислотасынын супрамолекуласынын структуралык бирдигинин комплексинин өлчөмдүк баасы берилди. Тандалма сольватациянын эффекттеринин натыйжасында изилденип жаткан системада оор металл

иондору менен гумин кислотасынын супрамолекуласынын чакан өлчөмдөгү структуралык бирдиктеринин комплекстик бирикмелеринин чыныгы эритмелери пайда болоору көрсөтүлдү.

## ДИССЕРТАЦИЯ БОЮНЧА ЖАРЫККА ЧЫККАН МАКАЛАЛАРДЫН ТИЗМЕСИ

1. **Karabaev, S.O.** Surface and solvation excesses of heavy metal ions from aqueous solutions on dispersed humic acid extracted from brown coal [Text] / S.O. Karabaev, I.P. Gainullina, I.M. Lokshina, A.K. Dzhunushalieva, S.V. Lugovskaya, D.R. Kireeva // Башкирский химический журнал. – 2021. – Т.28. – № 3. – С. 97-103.
2. **Карабаев, С.О.** Размерная оценка структурных единиц надмолекул гуминовой кислоты, стабилизированных ионами тяжелых металлов в кислых водных растворах [Текст] / С.О. Карабаев, И.П. Гайнуллина, И.М. Локшина, А.К. Джунушалиева, Д.А. Субанкулова // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2021. – Т. 21. – № 4. – С. 50-58.
3. **Карабаев, С.О.** Процессы связывания ионов меди, никеля, кадмия на гумине и гуминовой кислоте угля Кара-Кече [Текст] / С.О. Карабаев, Д.А. Субанкулова, И.П. Гайнуллина, А.К. Джунушалиева // Вестник Кыргызского национального университета им. Ж. Баласагына. – 2018. – Вып.4 (96). – С. 125-130.
4. **Карабаев, С.О.** Сопоставительная характеристика удельной площади поверхности гуминовой кислоты, гумина бурого угля Кара-Кече [Текст] / С.О. Карабаев, И.П. Гайнуллина, И.М. Локшина, А.К. Джунушалиева // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2017. – Т.17. – №8. – С. 154-158.
5. **Karabaev, S.** Physical and chemical characterization of raw and mechanochemically treated Humine and Humic acid from brown coals [Text] / S. Karabaev, A. Kharchenko, I. Lokshina, I. Gainullina, A. Dzhunushalieva, S. Lugovskoy, A. Pendin // Defect and Diffusion Forum. – 2015.–Vol. 364.–P. 18-26.
6. Пат. 1807 Кыргызская Республика, МПК C02F1 1/28 (2015/1). Способ очистки водных растворов от органических примесей и ионов тяжелых металлов [Текст] / С.О. Карабаев, И.М. Локшина, И.П. Гайнуллина, А.К. Джунушалиева, Е.С. Андреева, А.В. Харченко; Бишкек. Кыргызско-Российский Славянский университет. – № 20140121.1; заявл. 11.11.14, опубл. 31.12.15. Интеллектуальная собственность. Официальный бюллетень № 12(200). – с. 9.
7. **Карабаев, С.О.** Сопоставительная характеристика адсорбции ионов тяжелых металлов из водных растворов на исходных и механохимически диспергированных природных углеродных матрицах [Текст] / С.О. Карабаев, И.П. Гайнуллина, А.К. Джунушалиева, С. Луговская, И.М. Локшина, А.А. Чугуев // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2014. – Т.14. – №7. – С. 54-60.

**Джунушалиева Айнур Калычбековнанын**  
**“Суудагы эритмелерден оор металлдардын иондорунун күрөң көмүрдөн**  
**алынган гумин кислотасында, гуминде адсорбцияланышы жана**  
**тандалма сольватташуусу” темасындагы 02.00.04 – физикалык химия**  
**адистиги боюнча химия илимдеринин кандидаты окумуштуулук**  
**даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын**  
**КОРУТУНДУСУ**

**Негизги сөздөр:** гумин кислотасы, гумин, адсорбция, тандалма сольватташуу, эки заряддуу иондор, өлчөмдүк эффект.

**Изилдөө объектиси:** Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрү, оор металлдардын иондорунун суудагы эритмелери.

**Иштин максаты:** Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасынын, гуминдин, алардын механохимиялык жол менен майдаланган түрлөрүнүн оор металлдардын иондорунун суудагы эритмелериндеги адсорбциялык жана сольватациялык касиеттерин изилдөө.

**Изилдөө методдору:** титрлөө, эригичтик методу, ИК-спектроскопия, растрдык электрондук микроскопия, рентген-спектралдык микроанализ, спектрофотометрия, рН-метрия, эритмелерден катуу адсорбентте жүргөн адсорбция.

**Илимий изилдөө жабдуулары:** экинчилик электрондордун детекторун (SEI) колдонуу менен JSM 6510 растрдык электрондук микроскопу, NSS7 азоттук муздатуу менен энергодисперсиялык спектрометри (EDS). Varian ИК-Фурье-спектрометри. СФ- 46, VIS 721тибиндеги спектрофотометрлер. И-130 иономери, PHS-2F рН-метри. JA 303P аналитикалык электрондук таразасы.

Кара-Кече күрөң көмүрүнөн алынган гумин кислотасы менен гуминдин баштапкы жана механохимиялык жол менен майдаланган үлгүлөрүнүн физикалык-химиялык мүнөздөмөлөрү берилди. Жез (II), никель (II), кадмий (II) иондорунун суудагы эритмелеринен катуу адсорбенттерге изотермикалык адсорбцияланышы изилденди. Гумин кислотасында Ленгмюрдун тибиндеги ион-алмашуу адсорбциясы, гуминдин көмүртектик матрицасынын көзөнөкчөлөрүндө да, бетинде да адсорбциянын жүрүшү аныкталды. Изилденген табигый көмүртектик матрицалардын катарынан гуминдин баштапкы үлгүсү оор металлдардын иондорунун эң натыйжалуу адсорбенти болгону көрсөтүлдү. Гумин кислотасынын баштапкы, механохимиялык майдаланган үлгүлөрүнүн супрамолекулаларынын эритмеде жайгашкан структуралык бирдиктериндеги оор металлдардын иондорунун сууга салыштырмалуу сольватациялык ашыктыктары аныкталды.

**Колдонуу жактары:** гумус заттарынын химиясы, экология, топурак таануу, материалдарды таануу.

## РЕЗЮМЕ

**диссертации Джунушалиевой Айнур Калычбековны на тему: «Избирательная сольватация и адсорбция ионов тяжелых металлов из водных растворов на гуминовой кислоте, гумине бурого угля», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности – физическая химия 02.00.04**

**Ключевые слова:** гуминовая кислота, гумин, адсорбция, избирательная сольватация, двухзарядные ионы, размерный эффект.

**Объект исследования:** исходные, механохимически диспергированные образцы гуминовой кислоты и гумина бурого угля Кара-Кече, водные растворы ионов тяжелых металлов.

**Цель работы:** Изучение адсорбционных и сольватационных свойств гуминовой кислоты, гумина бурого угля Кара-Кече, их механохимически диспергированных форм в водных растворах ионов тяжелых металлов.

**Методы исследования:** титриметрия, растворимость, ИК-спектроскопия, растровая электронная микроскопия, рентгеноспектральный микроанализ, спектрофотометрия, pH-метрия, адсорбция из растворов на твердом адсорбенте.

**Научное оборудование:** Растровый электронный микроскоп JSM 6510 с использованием детектора вторичных электронов (SEI), а также энергодисперсионного спектрометра (EDS) с азотным охлаждением NSS7. ИК-Фурье-спектрометр Varian. Спектрофотометр типа СФ-46, VIS 721. Иономер И-130, pH-метр PHS-2F. Весы аналитические электронные JA 303P.

Дана физико-химическая характеристика исходных, механохимически диспергированных образцов гуминовой кислоты и гумина бурого угля Кара-Кече. Исследована изотермическая адсорбция ионов меди (II), никеля (II), кадмия (II), соответственно, из водных растворов на твердых адсорбентах. Установлена ионообменная адсорбция Ленгмюровского типа на гуминовой кислоте, а также адсорбция как по поверхности, так и в порах углеродной матрицы гумина. Показано, что исходный образец гумина, в ряду исследованных природных углеродных матриц, является наиболее эффективным адсорбентом ионов тяжелых металлов из водных растворов. Определены сольватационные избытки ионов тяжелых металлов над водой на структурных единицах надмолекулы исходного, механохимически диспергированного образцов гуминовой кислоты, локализованных в растворе. Показано, что в результате эффектов избирательности сольватации образуются истинные растворы комплексных соединений малоразмерных структурных единиц надмолекулы гуминовой кислоты с ионами тяжелых металлов.

**Область применения:** химия гумусовых веществ, экология, почвоведение, материаловедение.



## SUMMARY

**of the dissertation of Dzhunushaliyeva Ainur Kalychbekovna on the theme: «Selective solvation and adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions on humic acid, humine of brown coal», submitted for the degree of candidate of chemical sciences in the specialty - physical chemistry 02.00.04**

**Key words:** humic acid, humine, adsorption, selective solvation, doubly charged ions, size effect.

**Research object:** initial, mechanochemically dispersed samples of humic acid and humine of Kara-Keche brown coal, aqueous solutions of heavy metal ions.

**Purpose of the work:** Study of the adsorption and solvation properties of humic acid, humine of Kara-Keche brown coal, their mechanochemically dispersed forms in aqueous solutions of heavy metal ions.

**Research methods:** titrimetry, solubility, IR-spectroscopy, scanning electron microscopy, X-ray microanalysis, spectrophotometry, pH-metry, adsorption from solutions on a solid adsorbent.

**Scientific equipment:** JSM 6510 scanning electron microscope using a secondary electron detector (SEI), and an NSS7 nitrogen cooled energy dispersive spectrometer (EDS). Fourier transform infrared (FT-IR) spectrometer Varian. Spectrophotometer of type SF-46, VIS 721. Ionomer I-130, pH meter PHS-2F. Scales analytical electronic JA 303P.

The physicochemical characteristics of the initial, mechanochemically dispersed samples of humic acid and humine of Kara-Keche brown coal are given. Isothermal adsorption of copper (II), nickel (II), cadmium (II) ions, respectively, from aqueous solutions on solid adsorbents has been investigated. Ion-exchange adsorption of the Langmuir type on humic acid, as well as adsorption both on the surface and in the pores of the carbon matrix of humine, have been established. It is shown that the initial sample of humine, among the studied natural carbon matrices, is the most effective adsorbent of heavy metal ions from aqueous solutions. Solvation excesses of heavy metal ions over water on the structural units of supramolecules of the original, mechanochemically dispersed samples of humic acid localized in solution were determined. It is shown that as a result of the effects of solvation selectivity, true solutions of complex compounds of small-sized structural units of the supramolecule of humic acid with heavy metal ions are formed.

**Applications:** chemistry of humic substances, ecology, soil science, materials science.