

**8D05311- «Химия» білім беру бағдарламасы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған
Мурзакасымова Назгуль Саттаркуловнаның
«Сульфокөмір және модификацияланған аниониттер көмегімен
суды ауыр металл иондарынан сорбциялық тазалау» тақырыбында
жазылған диссертациялық жұмысына**

АНДАТПА

Зерттеу тақырыбы: «Сульфокөмір және модификацияланған аниониттер көмегімен суды ауыр металл иондарынан сорбциялық тазалау».

Зерттеу мақсаты: Ауыр металл катиондарының су объектілеріне теріс әсерін азайту үшін сульфатталған табиғи көмір мен лимон қышқылымен модификацияланған анионит негізінде жаңа сорбциялық материалдарды әзірлеу.

Зерттеу міндеттер:

1. Күкірт қышқылымен модификацияланған Шұбаркөл кен орнының көмірі және лимон қышқылымен модификацияланған анионит (AB-17-8: C₆H₈O₇) негізінде сорбенттер бетінің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу және синтездеу;

2. Бастапқы және модификацияланған анион алмасу шайыры мен сульфокөміртегі бойынша адсорбцияның термодинамикалық сипаттамаларын және ерекше әрекеттесу энергияларының мәндерін есептеу.

3. Ауыр металл катиондарының адсорбция заңдылықтарын анықтау, негізгі табиғи факторлардың әсерінен t , °C, pH және катиондардың сандық болуы жалпы ауыр металл катиондарына Cu(II), Ni(II), Hg(II) қатысты сорбенттердің полярлығын, сорбциялық сыйымдылығын және тиімділігін салыстырмалы бағалау.

4. Суды экологиялық тазарту және ауыр металл катиондарын сорбциялық концентрациялау үшін модификацияланған көмір мен анионит негізіндегі сорбенттерді қолдану бойынша ұсыныстар беру.

Диссертациялық жұмыстың әдіснамасы мен зерттеу әдістері суды ауыр металдардың катиондарынан тазартуға арналған сорбенттерді синтездеу және зерттеу саласындағы отандық және шетелдік мамандардың еңбектеріне негізделген. Ақпарат көзі ретінде мерзімді басылымдар, ғылыми басылымдар, мемлекеттік стандарттар пайдаланылды. Жұмыста келесідей заманауи физика-химиялық зерттеу әдістері қолданылды: ИҚ - спектроскопия, адсорбциялық порометрия, растрлық электронды микроскопия спектрофотометрия, термогравиметрия.

Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа тұжырымдар):

1. Концентрілі күкірт қышқылымен модификацияланған көмірдің (сульфокөмір) ауыр металдарды (Cu(II), Ni(II), Hg(II)) сорбциялау қабілеті бастапқы көмірмен салыстырғанда 1,3-1,4 есеге артық.

2. Лимон қышқылымен модификацияланған анионалмастырғыштын (AB-17-8:C₆H₈O₇) ауыр метал катиондарын (Cu(II), Ni(II), Hg(II)) сорбциялау қабілеті бастапқы анионитпен (AB-17-8) салыстырғанда 1,2-1,7 есеге артық.

3. Анионалмастырғышты (AB-17-8:C₆H₈O₇) қышқылмен модифицирлеу нәтижесінде pK_a 4,1- 5,5 аймағында әлсіз қышқылдық- негіздік орталықтардың санының өсуіне, қайта адсорбциялау қабілеті артып, беткі ерекше электростатикалық әрекеттесу қасиетін жоғарылатады.

Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын және ғылыми даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігін негіздеу:

1. Ғылыми жаңалық:

- Модификаторды қолдану жағдайларының кеуектің таралуына және алынған сорбенттердің белсенділігіне әсерін зерттеу үшін модификацияланған аниониттер мен көмірдің жаңа сорбенттерінің сериясы синтезделді. Сорбенттің қажетті текстуралық сипаттамаларын, термиялық және механикалық тұрақтылығын қамтамасыз ететін инертті құрылымды бастапқы тасымалдаушының бетіне белсенді композицияны қолдану тәсілі алғаш рет анионит және Шұбаркөл кен орнының көмірінде жасалынды.

- Шұбаркөл көмірлерінің бірегей кеуекті құрылымының модификаторы ретінде күкірт қышқылын қолдану жер бетінде Me(II) катиондарының түзілуіне және таралуына әсер ететіні көрсетілді: Me(II) катиондарының сорбциясы екі түрлі кеуектер арқылы: мөлшері 0,5-3,0 нм, негізінен сульфокөмірдің кеуектерінде локализацияланған және сульфокөмірдің сыртқы бетінде орналасқан үлкенірек бөлшектер (4-8 нм) жүргізілді.

- Алғаш рет ауыр метал катиондарының сульфокөмір және AB-17-8:C₆H₈O₇ сорбциялануының pH-ға тәуелділігі зерттелді. Нәтижесінде регрессия теңдеулерімен жақындатылған МКҚ және жеке металл катиондарының сорбция изотермалары тұрғызылды. Бұл изотермалар Ленгмюр типті және адсорбцияның мономолекулалық түріне жататындығы дәлелденді.

- Гаммет индикатор әдісімен көрсетілгендей адсорбаттағы компоненттердің мольдік қатынасы мен стехиометриялық арасындағы айырмашылық метал катиондарының сульфокөмірдің әртүрлі белсенді орталықтарында адсорбциялануының дәлелі бола алатындығы анықталынды.

2. Зерттеудің негізгі нәтижелері:

- Шұбаркөл көмірін H₂SO₄ күкірт қышқылымен және анионитті C₆H₈O₇ лимон қышқылымен өңдеу ауыр металл катиондарына қатысты жоғары сорбциялық сыйымдылығы бар сорбенттер алуға мүмкіндік берді.

- Оңтайлы жағдайларда сульфокөмір мен модификацияланған анионитта AB-17-8:C₆H₈O₇ МКҚ сорбция изотермаларының мәліметтері бойынша жеке катиондардың шекті сорбциясының шамалары, металл катиондарының қосындысы және сәйкесінше катиондардың сорбция-десорбция процесінің тепе-теңдік константалары анықталды. Нәтижесінде регрессия теңдеулері арқылы жуықтап алынған МКҚ және жеке металл катиондарының сорбция изотермалары тұрғызылды. Бұл изотермалар мономолекулалық

адсорбциялық қабатқа қатысты Ленгмюр типіне жатады. Изотерманың бастапқы бөлігін сызықтандыруды қолдана отырып, жеке катиондардың сорбциясының шекті мәндері ($a_m = 1.07$ ммоль/г) және металл катиондарының қосындысы ($a_m = 1.14$ ммоль/г), сонымен қатар олардың сорбция-десорбция константалары ($K_{ind} = 388$ және $K_{sum} = 109.6$) анықталады.

- Ауыр металдар катиондарының сорбциясының АВ-17-8:С₆Н₈О₇ мен сульфокөмірдің рН-ға тәуелділігі зерттелді. рН 6-8 интервалдары үшін элементтік, РФА және ИҚ-спектроскопиялық талдаулар жүргізілді; $K_{серігіштік}$ константалары анықталды. Адсорбаттағы компоненттердің мольдік қатынасы мен стехиометриялық арасындағы айырмашылық Гамметтің индикаторлық әдісімен көрсетілгендей металл катиондарының сульфокөмірдің әр түрлі белсенді орталықтарында адсорбциясының дәлелі бола алады деген болжам бар. Бастапқы анионалмастырғыштың шекті сорбциясының мөлшері 0,012 ммоль/г құрайды, бұл МКҚ үшін тиімді адсорбент АВ-17-8:С₆Н₈О₇-ден аз.

- АВ-17-8:С₆Н₈О₇ және сульфокөмірде судан концентрациясы 0.002 моль/л-ден аз МКҚ адсорбциялап алу және судан толық тазарту (~100 %) мүмкіндігі көрсетілген, бұл оларды коммерциялық КФГМ-7 сорбентімен салыстырғанда тиімді екендігін көрсетеді.

3. Жұмыстың практикалық маңызы:

- Шұбаркөл көмірін Н₂SO₄ күкірт қышқылымен өндегенде, Me(II) сорбция реакциясы жүреді, нәтижесінде көміртегінің фенолдық топтары мен қышқыл топтары – SO₃H, –COOH, –OH, түзіледі, соның нәтижесінде ауыр металдардың катиондарына қатысты жоғары сорбциялық қабілеті бар сорбент алуға мүмкіндік туды.

- Өнеркәсіп суларынан сульфокөмір мен АВ-17-8:С₆Н₈О₇ сорбенттерінде МКҚ 0.002 моль/л-ден аз концентрациясын және толық (~100 %) адсорбциялық жою мүмкіндігі көрсетілген.

- Сульфокөмір және АВ-17-8:С₆Н₈О₇ бойынша ауыр метал катиондарының адсорбциялануының термодинамикалық сипаттамалары есептелді.

Алынған нәтижелер табиғи және өнеркәсіптік сулардан ауыр металдарды адсорбциялау, оның ішінде химиялық, фармацевтикалық және басқа да кәсіпорындардың ағынды суларын тазарту үшін сорбциялық жүйені құруға негіз болады.

4. Диссертациялық жұмыс «Табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану, оның ішінде су ресурстарын, геология, минералды және көмірсутекті, шиякізатты өндіру және қайта өңдеу, жаңа материалдар мен технологиялар, қауіпсіз бұйымдар мен конструкциялар» ғылыми дамудың басым бағытына сәйкес келеді.

Диссертациялық жұмыс тақырыбының ғылыми-зерттеу жұмыстарымен және әр түрлі мемлекеттік бағдарламалармен байланысы.

Жұмыс BR24992867 «Қазақстанның су шаруашылығы мен қайта өңдеу өнеркәсібін дамыту және басқару үшін ресурс үнемдейтін технологияларды әзірлеу, инновациялық инжинирингтік орталық құру» жобасы бойынша мемлекеттік гранттық қаржыландыру негізінде жүзеге асырылды.

Докторанттың әр басылымды дайындауға қосқан үлесінің сипаттамасы:

Диссертациялық зерттеу жұмысының нәтижелері бойынша 17 жұмыс жарияланды, оның ішінде: *Scopus* ғылыми-метриялық дерекқорына енгізілген халықаралық ғылыми журналдарда 1 мақала (*Mendeleev Communications*, процентиль – 46, Q 3) жарияланды.

1. Control for selective sorption of heavy metals cations with anion exchanger AB-17-8 by modifying the surface with citrate groups. *Mendeleev Communications*. 34(5) 2024, P. 755-757. (бірлескен авторлар: Бектенов Н.А., Серебряков К.В., Елкин У.С., Гавриленко М.А., докторанттың үлесі 75%).

ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған жарияланымдарда 5 мақала жарияланды:

1. Production of sulfocationite by modification of natural coal with concentrated sulfuric acid. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Chemistry and Technology*. № 3. 2020.- P. 104-109. (бірлескен авторлар: Бектенов Н.А., Гавриленко М.А., Нурлыбаева А.Н. докторанттың үлесі 80 %).

2. Сорбция редкоземельных металлов: литературный обзор. *Қазақстанның химиялық журналы* №3. 2020.-С. 214-235. (бірлескен авторлар: Бектенов Н. А., 20%, Гавриленко М.А. докторанттың үлесі 80 %).

3. Modified sorbents and their application for extraction of metal ions. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Chemistry and Technology*. №1. 2021.- P. 75-79. (бірлескен авторлар: Бектенов Н. А., Гавриленко М.А. докторанттың үлесі 80 %).

4. Investigation of the sorption of heavy metals on modified coal. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology*. №4. 2022. – P. 118-125. (бірлескен авторлар: Гавриленко М.А., Бектенов Н. А., Кудайбергенова Р.М., Сейтбекова Г.А. докторанттың үлесі 80 %).

5. Sorption purification of water from heavy metal ions using sulfogl. *Chemical Journal of Kazakhstan* №1.(81) 2023.- P. 75-82. (бірлескен авторлар: Гавриленко М.А., Бектенов Н. А., Кудайбергенова Р.М., Байбазарова Э.А. докторанттың үлесі 80 %).

Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдарында 11 баяндама тезистері жарияланды:

1. Загрязнение водных ресурсов различными веществами. «Digital Kazakhstan: цифрландырудың жаһандық трендтері және халықаралық

тәжірибе». Халықаралық ғылыми практикалық конференция материалдары. 2019. Б. 208-213. (бірлескен авторлар: Камбарова Э.А., докторанттың үлесі 70 %).

2. Эффективные способы очистки тяжелых металлов ионитами и модификация ионитов. Вестник ТарГУ имени М.Х.Дулати № 27. 2019г.С.24-32. (бірлескен авторлар: Бектенов Н. А., Камбарова Э.А. докторанттың үлесі 70 %).

3. Жаңа хелат түзетін сорбенттер. "Гетерогенді катализатор мен адсорбенттердің теориялары мен практикасының өзекті мәселелері" IV Бүкілресейлік ғылыми симпозиумы, Иваново-Суздаль Халықаралық конференциясы. 1-3 шілде 2019,- Б. 29-31. (бірлескен авторлар: Бектенов Н. А., Камбарова Э.А., докторанттың үлесі 50 %).

4. Тиімді сорбциялау үшін анионитті лимон қышқылымен модификациялау. "Дін және халықтарды ағарту мәселелері" халықаралық симпозиумы, II Том, Ресей-2020, 357-358 ББ. (бірлескен авторлар: Бектенов Н.А., Камбарова Э.А., Гавриленко М.А. докторанттың үлесі 60%).

5. Жаңа сорбенттерде ағынды суларды металл иондарынан тазарту мүмкіндігін зерттеу. "Дін және халықтарды ағарту мәселелері" халықаралық симпозиумы, II Том, Ресей-2020, 348-349 ББ. (бірлескен авторлар: Бектенов Н.А., Камбарова Э.А., Гавриленко М.А., докторанттың үлесі 40 %).

6. Перспективті жаңа комплекс түзгіш иониттер алу және олардың кванттық химиялық есептеулері. «XXI ғасырдағы экологияның және адам өмірінің қауіпсіздігінің өзекті мәселелері» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның материалдары. I том. Тараз-2021, Б. 42-47. (бірлескен авторлар: Бектенов Н. А., Садыков Қ., Қасымбекова Д. докторанттың үлесі 70 %).

7. Жаңа көпфункционалды ион алмастырғыштарды құру және оларды қолдану. Қазақстанның химиялық журналы. Конференция баяндамаларының тезистер жинағы "Жұқа органикалық синтез-2021", 2021.- 19-21 ББ. (бірлескен авторлар: Бектенов Н.А., Камбарова Э.А. докторанттың үлесі 50 %).

8. Перспективы применения ионнообменных материалов в области колориметрических методов анализа. Международная научно-практическая конференция. «Тенденции, перспективы и инновационные подходы развития химической науки, производства и образования в условиях глобализации», посвященная 80-летию со дня рождения выдающегося казахстанского ученого-интернационалиста –академика НАН РК Ергожин Едил Ергожаевича. Алматы-2021ж. 87-90б. (бірлескен авторлар: Гавриленко М.А., Бектенов Н.А., Камбарова Э.А. докторанттың үлесі 50 %).

9. Sorption suction of lanthanum ion with new modified sorbents. Mechanics and Technology / Scientific journal 2023, No.2 (80) P. 219-222 (бірлескен авторлар: Kalibekova A.N., Kasen A.K. докторанттың үлесі 90%).

10. Sorption capacity of mixed sorbent. Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2023. No.4(82). – P.112-115. (бірлескен авторлар: Sembek A., Sayabay A., Begenov A., Serikbayev Sh., Elamanova S.Zh. докторанттың үлесі 90%).

11. Ауыр метал катиондарының сорбциясына сульфокөмірдің қышқылдық –негіздік орталықтарының әсері. XII Международный Беремжановский съезд по химии и химической технологии, 4-6 декабря, 2024, Алматы, Казахстан. Сборник тезисов докладов [Электронное издание]. — Алматы: НАО «КазНУ им. аль-Фараби», 2024. – 222 с. (бірлескен авторлар: Ергімбай С.Е., Рызқия Б.С. докторанттың үлесі 90%).

Жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс стандартты бөлімдерден құралған: нормативтік сілтемелер, белгілеулер мен қысқартулар, кіріспе, әдеби шолу, зерттеу әдістері, зерттеу нысандары және оларды талдау, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі және қосымшалар.

Ғылыми кеңесші:

Х.г.д. Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті,
Химия кафедрасының профессоры

