

6D072000 – Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған Мариям Мускановнаның «Қазақстанның гидроминералды шикізаттарынан литий тұздарын алу технологиясын әзірлеу» тақырыбындағы диссертациясына ресми рецензенттің жазбаша пікірі

p/n №	Өлшемшарттар	Өлшемшарттарға сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымына негіздеме
1	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымды дамытудың басым бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: 1) диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірін көрсету); 2) диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауын көрсету); 3) диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету) келеді.	Диссертациялық жұмыс ғылымды дамытудың басым бағыттарына және мемлекеттік бағдарламаларға толық сәйкес келеді. Зерттеу М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің 2021–2025 жылдарға арналған МБ ҒЗЖ-21-03-02 «Жаңа перспективалық технологияларды әзірлеу және минералды шикізат пен техногендік қалдықтар негізінде бейорганикалық өнімдерді алудың дәстүрлі технологияларын жетілдіру» атты мемлекеттік бюджеттік ғылыми-зерттеу жұмысы аясында орындалған. Диссертация мазмұны минералды ресурстарды кешенді өңдеу, экологиялық қауіпсіз химиялық технологияларды дамыту және стратегиялық маңызды металдарды отандық шикізаттан алу бағыттарына толық сай келеді.
2	Ғылым маңыздылығы үшін	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады, ал оның маңыздылығы ашылған. Диссертацияда жоғары минералданған литийқұрамды тұзды ерітінділерден литий хлоридін тиімді бөліп алудың теориялық ғылыми негіздері кешенді түрде дәлелденіп. Қышқылмен белсендірілген және титан оксидімен модификацияланған бентонит негізіндегі сорбенттердің құрылымдық-функционалдық қасиеттері анықталды. Сонымен қатар экстракциялық және сорбциялық

			процестердің термодинамикалық, кинетикалық және аппараттық модельдеу арқылы негізделуі ұсынылған технологиялардың ғылыми жаңалығын арттырып, литий ресурстарын өңдеу саласындағы теориялық және қолданбалы зерттеулерді дамытуға нақты үлес қосады.
3	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) жоғары; 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	Диссертациялық жұмысты талдау ізденушінің өзіндік ғылыми дербестігінің жоғары деңгейін көрсетті Бұл төмендегі нәтижелермен айқындалды: – ізденуші Қазақстанның гидроминералды литийқұрамды шикізаттары үшін литийді сорбциялық концентрлеу және экстракциялық бөлу тізбегінің физика-химиялық заңдылықтарын дербес зерттеген; – титан диоксидімен модификацияланған алюмосиликатты сорбенттерді қолданып, литийдің сорбциялық бөлінуінің тиімді режимдері (температура, уақыт, ерітінді шығыны) анықталған; – бутил спирті негізіндегі экстракциялық жүйеде литий хлоридін бөліп алудың оңтайлы параметрлері белгіленіп, процестің кинетикалық сипаттамалары есептелген; – алынған теориялық және эксперименттік нәтижелер негізінде технологиялық шешімдердің тиімділігі үлкейтілген-зертханалық сынақтармен дәлелденген.
4	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация негіздемесі: 1) негізделген; 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	Диссертацияның өзектілігі толық негізделген. Литий қазіргі жоғары технологиялық өндірістерде кең қолданылатын стратегиялық маңызды металл болып табылады. Сподомен, гекторит, петалит, литийлі слюдалар литийді бөліп алу ілеспе қоспалардың көптігі мен минералдық жүйенің күрделілігіне байланысты технологиялық тұрғыдан қиын әрі экономикалық шығынды қажет етеді. Сондықтан гидроминералды тұзды ресурстарды баламалы шикізат көзі ретінде игеру өзекті. Қазақстандағы Арал маңы мен Жақсықылыш көлінің гидроминералды ресурстарының литий құрамы нақты сандық

		деректермен расталған: рапада Li 127,455–320,853 мг/кг, тұнба шөгінділерінде Li 511,220–1125,670 мг/кг, тұзды ерітінділерде Li 403,314–1051,35 мг/л. Осы көпионды, жоғары минералданған ортада дәстүрлі тәсілдерді қолдану экологиялық-экономикалық тиімсіз болғандықтан, литий хлоридін сорбциялық және экстракциялық бөліп алу арқылы тиімді технология эзірлеу — ғылыми әрі өндірістік тұрғыдан өзекті мәселе болып табылады.
	4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды: 1) <u>айқындайды</u>; 2) <u>ішінара айқындайды</u>; 3) <u>айқындамайды</u>.	Диссертация мазмұны «Қазақстанның гидроминералды шикізаттарынан литий тұздарын алу технологиясын эзірлеу» диссертация тақырыбын айқындайды. Жұмыстың барлық бөлімдері гидроминералды литийкұрамды шикізаттарды зерттеуге, олардан литий тұздарын сорбциялық және экстракциялық әдістермен бөліп алу процестерін ғылыми негіздеуге және технологиялық параметрлерін оңтайландыруға тікелей бағытталған.
	4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) сәйкес келеді; 2) ішінара сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.	Диссертациялық жұмыстың мақсаты мен қойылған міндеттері диссертация тақырыбына толық сәйкес келеді.
	4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан: 1) толық байланысқан; 2) ішінара байланысқан; 3) байланыс жоқ.	Диссертациялық жұмыстың барлық бөлімдері мен ғылыми ережелері толық логикалық байланысқан, бұл зерттеу құрылымының бірізділігімен және мазмұндық сабақтастығымен негізделеді.

		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған: 1) <u>сыни талдау бар</u>; 2) талдау ішінара жүргізілген; 3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген; 4) талдау жоқ.	Диссертациялық жұмыста ізденуші ұсынған жаңа шешімдер тәжірибелік және есептік нәтижелермен дәлелденіп, дәстүрлі тәсілдермен салыстырылып ғылыми тұрғыдан бағаланған, сондықтан жұмыста сыни талдау бар.
5	Ғылыми жаңашылдық Ғылыми принципті	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма? 1) <u>толығымен жаңа</u>; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Диссертациялық жұмыста Арал маңы өңірінің гидроминералдық шикізаты үшін литий хлоридін сорбция және экстракция» схемасы бойынша бөліп алудың ғылыми заңдылықтары алғаш рет жүйелі түрде дәлелденген. Титан оксидімен модификацияланған бентонит негізіндегі сорбенттің құрылымдық ерекшеліктері ИҚ-спектрометрия және рентгенфлуоресценттік талдаулармен нақтыланған: 20% TiO_2 бар сорбентті 800 °C-та өңдегеннен кейін ИҚ-спектрде 547,78–995,27 см^{-1} аралығында монтмориллониттің Si-O-Al байланыстарына тән кең жолақ байқалып, ал термиялық өндеуден соң 1431 және 1504,48 см^{-1} аймағында Si-O валенттік тербелістеріне сәйкес жаңа жолақтар пайда болған. Сорбенттің технологиялық жарамдылығы физика-механикалық көрсеткіштермен дәлелденген: 800°C, 60 мин режимінде TiO_2 мөлшері 20–27% болғанда түйіршіктердің орташа диаметрі 15,9-дан 18,5 мм-ге дейін ұлғайып, механикалық беріктігі 5,29–5,30 МПа мәніне жеткен. Термодинамикалық есептеулер (298–1898 K) процестердің мақсатты бағыттылығын көрсетеді: 1798 K-та $\Delta G = -42,401$ кДж/моль (Li_2CO_3-тың оксидінен түзілуі) және $\Delta G = -280,5$ кДж/моль (Li_2CO_3 -тың хлоридінен түзілуі) мәндері алынған; ал ΔG өзгерісі 460 кДж/моль және 68 кДж/моль болғанда

		TiCl₄ пен литий титанатының түзілуі термодинамикалық тұрғыдан мүмкін еместігі көрсетілген. Сорбциялық бөлу шарттарын екінші ретгі рототабельді жоспарлау арқылы нақты факторлар белгіленген: ылғалдылық 45–89%, шығын 2,3–3,9 л/мин, температура 30–50 °C литий хлоридін максималды бөлуге айқын әсер етеді; газодинамикалық сыйымдылық 252 мэкв./г, ертіндідегі LiCl концентрациясы 1000 мг/л, сызықтық жылдамдық 0,25 м/мин кезінде бөліп алу дәрежесі 87%-дан 90%-ға дейін артқан. Экстракциялық кезеңнің кинетикасы Ротинян–Дроздов теңдеуімен сипатталып, тәуелділіктің сызықтық болуы модельдің қолданылуын негіздейді; белсендіру энергиясы 1,91–27,68 кДж/моль аралығында болып, үдерістің диффузиялық аймақта жүретінін дәлелдейді. Аппараттық деңгейдегі жаңалық сандық модельдеумен нақтыланған: ағын жылдамдығын 0,1-ден 0,5 м/с-қа дейін өсіргенде кеуекті қабаттың гидродинамикалық кедергісі артып, қысым түсуі 600 Па-ға дейін жететіні және адсорбент кірісінде құйындану аймақтары қалыптасатыны көрсетілген. Соңында, бутил спиртімен экстракциялау бойынша теориялық-эксперименттік нәтижелер үлкейтілген-зертханалық сынақтарда тексеріліп, материалдық баланс пен экономикалық тиімділік есептері арқылы технологияның қолданбалы іске асырылу мүмкіндігі дәлелденген.
	5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма? 1) <u>толығымен жаңа</u>; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Диссертация қорытындылары толығымен жаңа болып табылады. Зерттеу нәтижелері рецензияланатын ғылыми басылымдарда жарияланып, патенттермен, үлкейтілген-зертханалық сынақ актісімен расталған және оқу үдерісіне енгізу актілерімен рәсімделген.
	5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?	Диссертациялық жұмыста ұсынылған шешімдер толығымен жаңа және ғылыми-тәжірибелік тұрғыдан негізделген, өйткені зерттеу нәтижелері Қазақстанның нақты гидроминералды

		1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	ресурстарына арналып алғаш рет кешенді түрде технология ретінде құрастырылған. 1) Техникалық шешімнің жаңалығы Жұмыстың негізгі техникалық жаңалығы – титан диоксидімен модификацияланған жергілікті алумосиликатты материалдар жаңа сорбенттерді әзірлеу және оларды литий иондарын байланыстыруға бейімдеу. Бұл бағыт мақсат ретінде де нақты қойылған және зерттеудің нысандары ретінде негізделген. Сонымен бірге сорбенттің тиімділігі оның құрылымдық-функционалдық өзгерістерімен эксперименттік түрде дәлелденген. 2) Технологиялық шешімнің жаңалығы Диссертацияда литий хлоридін бөліп алудың сорбциялық және экстракциялық технологиясы ұсынылады. Бұл тәсіл Арал маңы өңірінің тұзды ерітінділері үшін алғаш рет ғылыми тұрғыдан негізделіп, заңдылықтары тұжырымдалғаны көрсетілген. Технологияның қолданбалы жаңалығы – жергілікті шикізаттан литий хлоридін алуға бағытталған қалдықсыз өндеу болып табылады. Технологиялық параметрлердің негізделуі нақты сандық нәтижелермен берілген: сорбция арқылы LiCl бөліп алу дәрежесі 87–90% деңгейіне жеткізілген, экстракцияда ерітінді:бутанол:сульфанола = 1:3:0,017, уақыт 15–20 минут, нәтижесінде 96,8–98,9% экстракция дәрежесіне жеткен. Экстракциялық үдерістің оңтайлы параметрлері математикалық жоспарлау арқылы дәл анықталған. 3) Зерттеуде өндірістік масштабқа жақындатуға мүмкіндік беретін ерекше жаңалық – COMSOL Multiphysics® негізінде сандық модель құрып, ағын жылдамдығының адсорбент қабатындағы қысым айырмасына әсерін алғаш рет сандық дәлелденді.
--	--	---	--

			4) Жұмыста экономикалық тиімділік есептелініп, технологиялық шешімдердің нысаналылығы дәлелденді. Диссертациядағы техникалық-технологиялық шешімдер жаңа, тәжірибемен дәлелденген, сандық модельдеу және математикалық жоспарлау арқылы негізделген, әрі экономикалық тиімділікке бағытталған интеграциялық жүйе ретінде ұсынылған. Нәтижелердің қолданбалы мәні патенттермен және үлкейтілген-зертханалық сынақ актісімен бекітілген.
6	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген/негізделмеген	Негізгі қорытындылардың негізділігі тұрғысынан алғанда, диссертациядағы барлық негізгі тұжырымдар ғылыми тұрғыдан ауқымды дәлелдемелермен негізделген және физика-химиялық талдаулардың, термодинамикалық, кинетикалық есептеулердің, математикалық жоспарлау нәтижелерінің деректерімен, сондай-ақ сорбциялық қондырғының сандық модельдеу нәтижелерімен, үлкейтілген-зертханалық сынақ актісімен расталған.
7	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет: 7.1 Ереже дәлелденді ме? 1) дәлелденді; 2) шамамен дәлелденді; 3) шамамен дәлелденбеді; 4) дәлелденбеді; 5) бұл тұжырымда ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	Ізденуші диссертацияда келтірілген негізгі тұжырымдарды қорғауға ұсынды. -Күкірт қышқылымен белсендіру және $20-27\% \text{ TiO}_2$ модификациясы нәтижесінде $R = n(\text{Li})/n(\text{Ti}) = 1,98-2,05$ мәндерінің алынуы, сондай-ақ 800°C-та 60 мин термиялық өндеуден кейін сорбенттің механикалық беріктігі $5,25 \text{ МПа}$, меншікті беті $1560 \text{ см}^2/\text{г}$ болуы сорбенттің құрылымдық-технологиялық тұрақтылығын және Li^+ байланыстыруға қабілетті екенін дәлелдейді. -Термодинамикалық есептеулерде $298-1898 \text{ К}$ аралығында реакциялар үшін ΔG-дің теріс мәндері жұмысшы реакциялардың жүру мүмкіндігін дәлелдейді. Ал Ротинян-Дроздов теңдеуімен есептелген $E_{\text{болжамды}} = 1,91-27,68 \text{ кДж/моль}$ мәндері процестің диффузиялық шектелу аймағында жүретінін кинетикалық тұрғыдан дәлелдейді.

		-Тәжірибеде 40–50 °С, шығын 2,1–2,3 л/мин, ылғалдылық 42–48 г/м³, уақыт 70–90 с жағдайында модификацияланған алюмосиликатты сорбентте литий хлоридін бөліп алу дәрежесінің 87–90% болуы осы режимдердің тиімді әрі қайталанымды екенін дәлелдейді. -COMSOL Multiphysics® моделінің нәтижелері ағын жылдамдығы 0,1–0,5 м/с өзгергенде адсорбент қабатындағы қысым айырмасы өзгеретінін және 0,3–0,5 м/с кезінде гидродинамикалық кедергінің айқын өсетінін сандық түрде көрсетеді; бұл аппараттық режимді таңдауға жеткілікті дәлелдеме болып табылады. -Үлкейтілген - зертханалық зерттеуде тұзды ерітінді:бутанол:сульфанол = 1:3:0,017 және 15–20 мин режимінде экстракция дәрежесінің 96,8–98,9% болуы, ал 25–35°С аралығында литий хлоридін бөліп алу 87,2–98,9% қамтамасыз етілуі экстракциялық әдістің жоғары тиімділігін дәлелдейді. -Технологияның экономикалық негізділігі материалдық баланс есептеулермен және үлкейтілген-зертханалық сынақ актісімен расталған.
	7.2 Тривиалды ма? 1) <u>ия</u>; 2) <u>жоқ</u>; 3) бұл тұжырымда ереженің тривиалды екенін тексеру мүмкін емес.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер тривиалды болып табылмайды. Барлық деректер теориялық зерттеулер мен эксперименттік деректер негізінде алынған.
	7.3 Жана ма? 1) <u>ия</u>; 2) <u>жоқ</u>; 3) бұл тұжырымда ереженің жаңашылдығын тексеру мүмкін емес.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер жаңа болып табылады.
	7.4 Қолдану деңгейі:	Қорғауға шығарылған негізгі ережелердің қолдану деңгейі кең

		1) тар; 2) орташа; 3) кең 4) бұл тұжырымда ереженің қолдану деңгейін тексеру мүмкін емес. 7.5 Мақалада дәлелденген бе? 1) <u>ия</u>; 2) жоқ 3) бұл тұжырымда мақаладағы ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	және олар бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы саласында, оның ішінде гидрометаллургия мен гидроминералды шикізатты өңдеу бағыттарында қолданылуы мүмкін.
8	Дәйектілік қағидаты. Дереккөздер ұсынылған ақпараттың дәйектілігі мен ақпараттың дәйектілігі	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған: 1) <u>ия</u>; 2) жоқ. 8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған: 1) <u>ия</u>; 2) жоқ. 8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және зандылықтар	Диссертациялық жұмыстағы зерттеулердің нәтижелері 17 жарияланымға дәлелденді. Соның ішінде 3 ҚР пайдалы моделіне патент, уәкілетті орган ұсынған ғылыми басылымдарда 2 мақала (ҚР ҒЖББМ ҒЖББСБҚ), Scopus дерекқорында ғылыми басылымдарда 5 мақала, халықаралық ғылыми конференциялардың жинақтарында 10 мақала, 3 ҚР пайдалы моделіне патент, үлкейтілген сынақтар актісі және ҒЗЖ нәтижелерін оқу процесіне ендіру актілерімен расталды. Әдіснаманы таңдау негізделген. Зерттеу әдіснамасы диссертацияның 2 бөлімінде егжей-тегжейлі баяндалған. Диссертацияда ұсынылған ғылыми нәтижелердің дәйектілігі қолданылған заманауи әдістердің талапқа сай болуымен және алынған деректердің тәжірибелік әрі теориялық дәлелденуімен қамтамасыз етілген. Нәтижелер компьютерлік технологиялар арқылы алынған: процестің термодинамикалық негіздемесі HSC Chemistry -10 бағдарламасында есептеліп, ал сорбциялық қондырғының жұмысы COMSOL Multiphysics ортасында сандық модельдеу арқылы дәлелденген. Эксперименттік деректердің сенімділігі атомдық-абсорбциялық спекторметрия, рентгенфлуоресценттік талдау, ИК спектроскопия, растрлы электронды микроскопия әдістерінің нәтижелерімен расталған. Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және зандылықтар эксперименттік зерттеулер нәтижелерімен толық дәлелденіп, расталған.

		эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған: 1) <u>ия</u> ; 2) <u>жоқ</u> .	Диссертациялық жұмыстағы маңызды мәлімдемелер отандық және шетелдік ғылыми әдебиеттердің нақты әрі сенімді дереккөздеріне жасалған сілтемелермен негізделіп, расталған.
9	Практикалық құндылық қағидаты	8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған. 8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті/жеткіліксіз. 9.1 Диссертацияның теориялық маңызы: 1) <u>бар</u>; 2) <u>жоқ</u>. 9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: 1) <u>ия</u>; 2) <u>жоқ</u>. 9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма? 1) <u>толығымен жаңа</u>; 2) <u>ішінара жаңа (25-75% жаңа)</u>; 3) <u>жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем)</u>.	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті. Диссертациялық зерттеу тақырыбы бойынша отандық және шетелдік авторлардың 116 дерек көзі талқыланып. Диссертациялық жұмыстың теориялық маңызы бар. Зерттеуде Қазақстанның гидроминералды литийқұрамды шикізатынан литий тұздарын бөліп алудың ғылыми негіздері жүйелі түрде келтірілген. Атап айтқанда, литий хлоридін сорбциялау және экстракциялау процестерінің термодинамикалық негіздемесі анықталып, кинетикалық заңдылықтары айқындалған, сондай-ақ процестің тиімді параметрлерін таңдауға мүмкіндік беретін математикалық және сандық модельдер ұсынылған. Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары. Диссертациялық жұмыста ұсынылған практикалық ұсынымдар толықтай жаңа. Гидроминералды литийқұрамды шикізаттан литий хлоридін бөліп алуға арналған сорбциялық-экстракциялық технологиялық шешімдер, жергілікті шикізат негізіндегі модификацияланған сорбентті қолдану және процестің онтайлы параметрлері алғаш рет негізделіп

